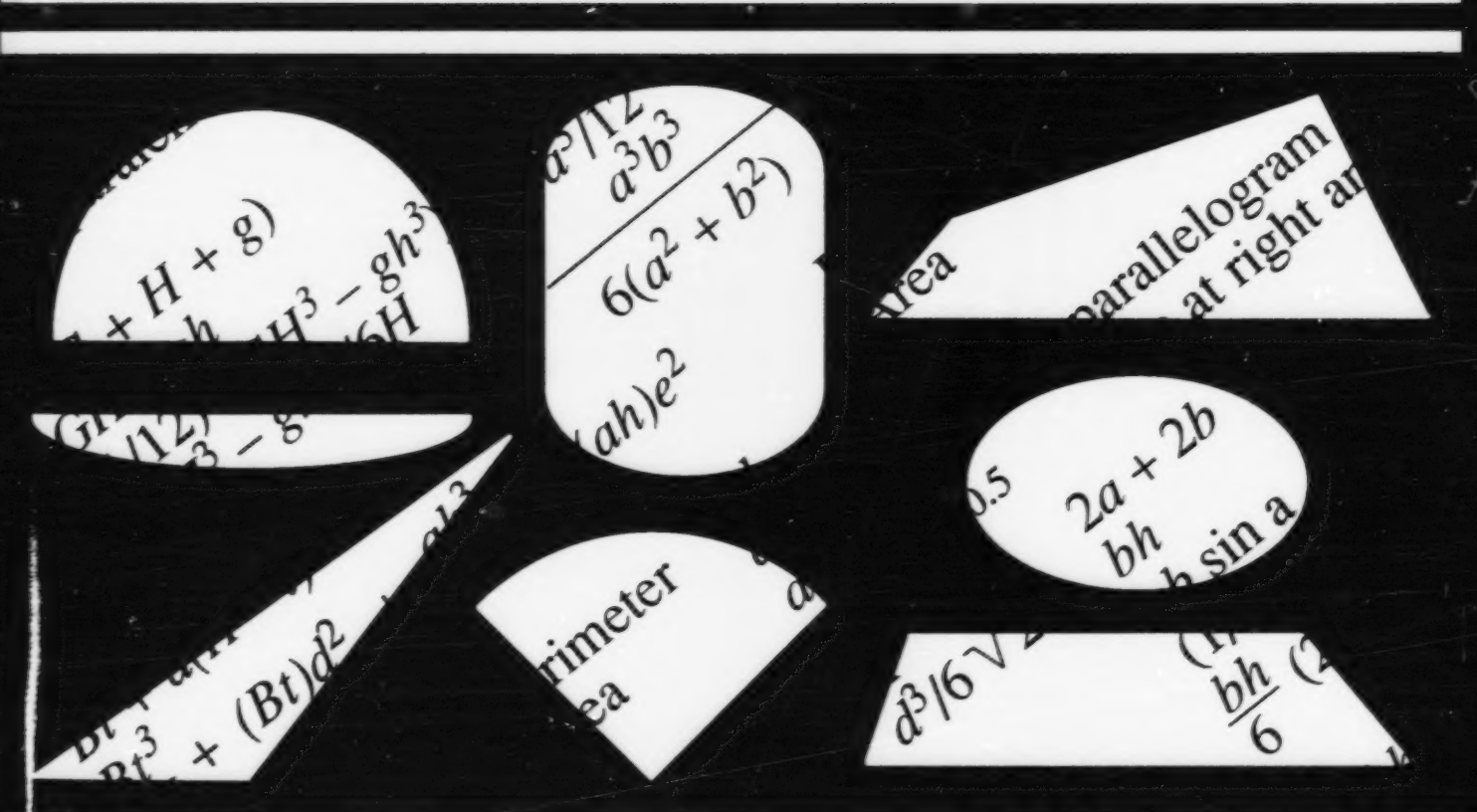
Agriculture Canada

Manutention de produits agricoles

Données techniques



Canada

91-04656/

Manutention de produits agricoles

Données techniques

Direction générale de la recherche
Agriculture Canada

Publication 1854/F
1990

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1990
No de cat. A15-1854/1990F
ISBN 0-660-92978-3
Imprimé en 1990

En vente au Canada par l'entremise de nos agents
libraires agréés et autres libraires,
ou par la poste au

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

Prix sujets à changement sans préavis

Publié antérieurement sous le titre:
Guide canadien de la
Manutention des produits agricoles
7.2 *Données techniques*
Publication n° 5002 d'Agriculture Canada

Also available in English under the title
Handling Agricultural Materials.
Engineering Data.

Données de catalogage pour le Canada

Manutention de produits agricoles. Données techniques /
[rédacteur-éditeur, Normand Rousseau ; conseiller scientifique,] –

(Publication ; 1854/F)

Publ. antérieurement sous le titre: Manuel de manutention
des produits agricoles au Canada.
7.2 Données techniques.
Publ. aussi en anglais sous le titre: Handling agricultural
materials. Engineering data.
"Préparée par la société UMA Engineering Ltd." – Av.-pr.
Comprend des références bibliogr.

No de cat A15-1854/1990F
ISBN 0-660-92978-3

1. Génie rural – Guides, manuels, etc. I. Rousseau, Normand, 1951-
II. Heslop, L. III. UMA Engineering Ltd. IV. Canada. Agriculture
Canada. Direction générale de la recherche. V. Coll.: Publication
(Canada. Agriculture Canada). Français ; 1854/F.

S675.H3514 1991 631 C91-099100-22

Rédacteur-éditeur
Normand Rousseau
Service aux programmes de recherches

Conseiller scientifique, recherche à contrat
L. Heslop
Bureau des relations avec l'industrie

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 5

1 **INTRODUCTION** 7

2 **FORMULES UTILES** 7

2.1 **Équations générales** 7
2.2 Facteurs et développements 7
2.3 Puissances et racines 7
2.4 Proportions 7
2.5 **Équation quadratique** 7
2.6 **Vitesse, accélération, distance et temps** 7
2.7 Mouvement rectiligne 7
2.8 Accélération angulaire 7
2.9 **Trigonométrie** 8
2.10 **Constantes diverses** 8
2.11 **Paramètres mécaniques** 8
2.12 Puissance 8
2.13 Équations de puissance de traction 8
2.14 Puissance à la barre 8
2.15 Puissance à la prise de force 8
2.16 Puissance hydraulique 9
2.17 **Équations des engrenages et des poulies** 9
2.18 **Lois du ventilateur** 9
2.19 **Équation de Bernoulli** 9
2.20 **Équations de transfert de chaleur** 10
2.21 Conduction 10
2.22 Convection 10
2.23 Transfert de chaleur à travers une surface 10
2.24 Résistance thermique 10
2.25 Rayonnement 10
2.26 **Équations de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air** 11
2.27 Échange de chaleur avec l'air de ventilation 11
2.28 Loi des gaz parfaits 11
2.29 **Paramètres électriques** 11
2.30 Puissance électrique en courant alternatif 11
2.31 Puissance électrique en courant continu 11
2.32 **Paramètres de construction** 11
2.33 Contrainte directe 11
2.34 Contrainte de flexion 11
2.35 Contrainte de torsion 12

3 **FACTEURS DE CONVERSION** 12

3.1 **Systèmes impérial et américain de mesures** 12
3.2 **Unités SI** 12
3.3 **Multiples des unités SI** 15
3.4 **Conversion en unités SI** 15
3.5 **Dimensions nominales de divers calibres** 20

4 **PROPRIÉTÉS DES FORMES ET DES VOLUMES GÉOMÉTRIQUES** 21

4.1 **Propriétés des formes géométriques** 21
4.2 **Propriétés des solides** 27
4.3 **Autres solutions pour les moments d'inertie** 33
4.4 **Théorème des axes parallèles** 33
4.5 Formes géométriques planes 33
4.6 Solides 33
4.7 **Rayon de gyration** 34
4.8 **Moment polaire d'inertie** 34
4.9 **Moment d'inertie de surfaces et de volumes composites** 34
4.10 **Centroïdes de surfaces composites** 34
4.11 **Mesures en radians** 34

5 **PSYCHROMÉTRIE** 34

5.1 **Définitions** 35
5.2 Température du thermomètre sec 35
5.3 Température du thermomètre mouillé 35
5.4 Enthalpie 35
5.5 Humidité relative 35

Références 43

Index 44

Tableaux

1 Unités dérivées dans les systèmes impérial (R.-U.) et américain (É.-U.) de mesures 13
2 Symboles des unités 14
3 Unités SI dérivées 15
4 Préfixes des unités SI 15
5 Facteurs de conversion des unités impériales (R.-U.) et américaines (É.-U) en unités SI 16
6 Systèmes de mesures des produits métalliques 20

Figures

1 Trigonométrie élémentaire 8
2 Transfert de chaleur à travers une surface 10
3 Contraintes importantes définies par des équations de contrainte élémentaires 12
4 Courbe psychrométrique : température normale, niveau de la mer 36
5 Courbe psychrométrique : basse température, niveau de la mer 37
6 Courbe psychrométrique : haute température, niveau de la mer 38
7 Courbe psychrométrique : très haute température, niveau de la mer 39
8 Courbe psychrométrique : température normale, altitude 750 m 40
9 Courbe psychrométrique : température normale, altitude 1500 m 41
10 Courbe psychrométrique : température normale. altitude 2250 m 42

AVANT-PROPOS

La publication *Manutention des produits agricoles* comporte plusieurs parties; c'est un guide rédigé à l'intention des concepteurs de systèmes de manutention de produits destiné à l'industrie agricole et aux industries associées. Certaines parties traitent de la sélection et de la conception de divers types d'équipement de manutention et de traitement des produits. Certains éléments doivent fonctionner de façon indépendante ou comme composantes d'un système. Pour concevoir un système complet, il peut être nécessaire de consulter plusieurs parties de cette série.

Cette section a été préparée par UMA Engineering Ltd. de Winnipeg (Man.), pour le Comité canadien du génie rural qui fait partie du Comité de coordination des services agricoles du Canada.

1 INTRODUCTION

Ce volume est un recueil de formules, de facteurs de conversion et de diagrammes utiles. Les facteurs de conversion constituent un guide pour le Système international (SI) d'unités. Les équations, les propriétés des formes et des volumes, et les courbes psychrométriques contenues dans ce recueil visent à répondre aux exigences de conception des systèmes de manutention des produits agricoles qui y sont en grande partie liées.

L'information contenue dans ce volume porte sur diverses sections de la série de guides *Manutention de produits agricoles*, et devrait aider les utilisateurs des guides à mieux les comprendre. Les données techniques des guides ont été rassemblées dans un seul volume pour éviter tout dédoublement ou toute répétition dans la série.

Il n'est pas nécessaire de lire intégralement cette section avant de prendre connaissance des autres sections ou d'en utiliser le contenu. Ce volume est avant tout un guide de référence et permet de mieux comprendre le contenu des autres volumes de la série.

Même si le contenu de ce volume peut sembler à nombre de lecteurs très simple et très élémentaire, d'autres le trouveront relativement nouveau. Les utilisateurs de la série *Manutention de produits agricoles* peuvent être aussi bien des étudiants que des concepteurs expérimentés qui travaillent dans une grande variété de disciplines. Leur but commun est toutefois de choisir et de concevoir de l'équipement particulier pour la manutention et le traitement des produits dans de nombreuses applications agricoles.

2 FORMULES UTILES

2.1 Équations générales

2.2 *Facteurs et développements*

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$(a \pm b)^3 = a^3 \pm 3a^2b + 3ab^2 \pm b^3$$

$$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$$

$$a^3 - b^3 = (a - b)(a^2 + ab + b^2)$$

$$a^3 + b^3 = (a + b)(a^2 - ab + b^2)$$

2.3 *Puissances et racines*

$$(a)^x (a)^y = a^{(x+y)}$$

$$(a)^x / (a)^y = a^{(x-y)}$$

$$(a^x)^y = a^{xy}$$

$$a^{-x} = 1/a^x$$

$$(ab)^x = a^x b^x$$

2.4 *Proportions*

Si $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$

alors $\frac{a+b}{b} = \frac{c+d}{d}$

$$\frac{a-b}{b} = \frac{c-d}{d}$$

$$\frac{a-b}{a+b} = \frac{c-d}{c+d}$$

2.5 Équation quadratique

Soit $ax^2 + bx + c = 0$

$$x = \frac{-b \pm (b^2 - 4ac)^{0,5}}{2a}$$

Si a, b et c sont réels, alors :

- les racines sont réelles et différentes si $b^2 - 4ac$ est positif
- les racines sont réelles et égales si $b^2 - 4ac$ est nul
- les racines sont imaginaires et différentes si $b^2 - 4ac$ est négatif

2.6 Vitesse, accélération, distance et temps

Pour des objets en accélération uniforme, utiliser les relations suivantes pour calculer l'accélération linéaire ou angulaire.

2.7 *Mouvement rectiligne*

$$L = 1/2(V_1 + V_2)t$$

$$a = (V_2 - V_1)/t$$

$$L = V_1 t + 1/2\, at^2$$

$$V_2^2 = V_1^2 + 2aL$$

où L = déplacement (m)

V_1 = vitesse initiale (m/s)

V_2 = vitesse finale (m/s)

t = temps

a = accélération (m/s^2)

2.8 *Accélération angulaire*

$$\beta = 1/2(\omega_1 + \omega_2)t$$

$$\alpha = (\omega_2 - \omega_1)/t$$

$$\beta = \omega_1 t + 1/2\alpha t^2$$

$$\omega_2^2 = \omega_1^2 + 2\alpha\beta$$

où β = déplacement angulaire (rad)
ω_1 = vitesse angulaire initiale (rad/s)
ω_2 = vitesse angulaire finale (rad/s)
t = temps (s)
α = accélération angulaire (rad/s²)

2.9 Trigonométrie

Se reporter à la fig. 1.

$\sin \Sigma = y/r$
$\cos \Sigma = x/r$
$\text{tg } \Sigma = y/x$
$\text{cosec } \Sigma = r/y$
$\sec \Sigma = r/x$
$\text{cotg } \Sigma = x/y$

où $\sin \Sigma$ = sinus Σ
$\cos \Sigma$ = cosinus Σ
$\text{tg } \Sigma$ = tangente Σ
$\text{cosec } \Sigma$ = cosécante Σ
$\sec \Sigma$ = sécante Σ
$\text{cotg } \Sigma$ = cotangente Σ

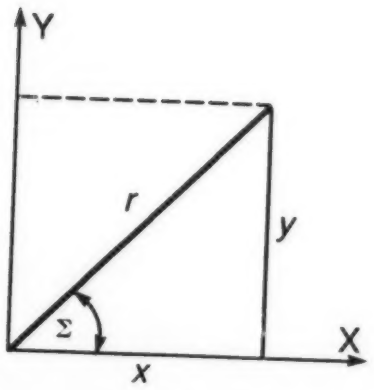


Fig. 1. Trigonométrie élémentaire.

2.10 Constantes diverses

Les constantes physiques suivantes sont considérées comme fondamentales et nécessaires. Elles sont utilisées dans toute la série *Manutention de produits agricoles*.

- Accélération causée par la pesanteur au niveau de la mer
  = 9,80665 m/s²
- Vitesse du son dans l'air sec à 0 °C
  = 331,36 m/s
- Vitesse de la lumière dans le vide
  = $2{,}998 \times 10^8$ m/s
- Chaleur de fusion de l'eau à 0 °C
  = 331,5 J/g
- Chaleur de vaporisation de l'eau à 100 °C
  = 2257,5 J/g

2.11 Paramètres mécaniques

Les équations suivantes sont couramment utilisées pour déterminer les spécifications mécaniques de l'équipement de manutention des produits agricoles.

2.12 *Puissance* La puissance est la capacité d'une machine de faire du travail. En termes de mécaniques, le travail est le résultat d'une force appliquée sur une distance.

Puissance linéaire (W) $= F \times L/t$
$= F \times V$

où F = force (N)
L = distance (m)
t = temps (s)
V = vitesse (m/s)

Dans le calcul de la puissance rotative, noter que la force appliquée à l'extrémité d'une manivelle parcourt 2π fois le rayon du bras de la manivelle à chaque tour.

Puissance rotative (W) $= 2\pi \times T \times \omega$

où T = couple (N·m)
ω = vitesse angulaire (rad/s)

2.13 *Équations de puissance de traction* Ces équations aident à calculer les besoins de puissance lorsqu'un tracteur de ferme sert à entraîner de l'équipement de manutention de produits.

2.14 *Puissance à la barre*

Puissance à la barre (kW) $= FV_f/k$

où F = force (kN)
V_f = vitesse avant (km/h)
k = constante
$= \dfrac{3600 \text{ s/h}}{1000 \text{ m/km}}$

2.15 *Puissance à la prise de force*

Puissance à la prise de force (kW) $= 2\pi FRV/k$

$= 2\pi TV/k$

où F = force tangentielle (kN)

R = rayon de rotation de la force (m)

V = vitesse en rotations par minute (r/min)

T = couple (N·m)

k = constante

= 60 (s/m)

2.16 *Puissance hydraulique*

Puissance hydraulique (kW) $= pQ$

où p = pression indiquée (kPa)

Q = débit (m^3/s)

2.17 Équations des engrenages et des poulies

Lorsqu'un petit engrenage (pignon) en entraîne un gros, le gros engrenage tourne plus lentement que le petit, mais développe un couple plus grand. De même, lorsqu'un gros engrenage en entraîne un petit, le petit engrenage tourne plus vite que le gros et développe un couple plus faible.

$$\frac{V_g}{V_p} = \frac{r_p}{r_g}$$

où r_g = rayon du gros engrenage

r_p = rayon du pignon

V_g = vitesse de l'engrenage (r/min)

V_p = vitesse du pignon (r/min)

Le nombre de dents d'un engrenage est proportionnel au rayon.

$$\frac{V_g}{V_p} = \frac{M_p}{M_g}$$

où V_g = vitesse de l'engrenage (r/min)

V_p = vitesse du pignon (r/min)

M_g = nombre de dents de l'engrenage

M_p = nombre de dents du pignon

Lorsqu'une poulie entraîne une courroie à une vitesse donnée, l'équation suivante définit la vitesse de la courroie.

$$V = \frac{2\pi V_p r_p}{60}$$

où V = vitesse de la courroie (m/s)

V_p = vitesse de rotation de la poulie (r/min)

r_p = rayon de la poulie (m)

La vitesse ainsi calculée est la vitesse circonférentielle de la poulie motrice. En l'absence de frottement, elle correspond aussi à la vitesse circonférentielle de la poulie entraînée, laquelle peut être aussi définie par l'équation :

$$V = \frac{2\pi V_d r_d}{60}$$

où V_d = vitesse de rotation de la poulie entraînée (r/min)

r_d = rayon de la poulie entraînée (m)

2.18 Lois du ventilateur

Les équations suivantes définissent la relation entre la vitesse, le débit, la pression et la puissance d'un ventilateur.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{p_2}{P_1} = \frac{V_2^2}{V_1^2}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2^3}{V_1^3}$$

où Q = débit (volume/temps)

V = vitesse de rotation

p = pression statique ou totale

P = puissance

2.19 Équation de Bernoulli

Utiliser l'équation de Bernoulli pour faire le lien entre les états énergétiques de tout ensemble de points dans un fluide en circuit ouvert. L'équation tient compte des gains et des pertes de charge dans les composantes du système.

$$\frac{V_1^2}{2g} + H_1 + \frac{p_1}{\gamma} + H_p = \frac{V_2^2}{2g} + H_2 + \frac{p_2}{\gamma} + H_t + H_L$$

où p/γ = charge de pression (m)

$V^2/2g$ = charge cinétique (m)

H = charge de position (m)

p = pression (kPa)

γ = poids spécifique (kN/m)

V = vitesse (m/s)

g = accélération causée par la pesanteur
= 9,81 (m/s²)

H_p = charge fournie par une pompe (m)

H_t = perte de charge dans une turbine (m)

H_L = perte de charge causée par le frottement (m)

2.20 Équations de transfert de chaleur

Les équations de transfert de chaleur définissent :

- la conduction
- la convection
- le transfert de chaleur à travers une surface
- la résistance thermique
- le rayonnement

2.21 *Conduction* La conduction est le transfert de chaleur d'une zone de haute température vers une zone de basse température. Ce transfert de chaleur se produit par contact direct avec le milieu caloporteur fixe.

$$q = -\lambda A \, dT/dL$$

où q = taux de transfert conductif de chaleur (W)

λ = conductivité thermique (W/(m·K))

A = section mesurée perpendiculairement à la direction de l'écoulement de chaleur (m²)

T = température (K)

L = distance dans la direction de l'écoulement de chaleur (m)

dT/dL = gradient de température dans la direction de l'écoulement de chaleur
$= (T_2 - T_1)/L$

2.22 *Convection* La convection est le transfert de chaleur par les actions combinées de la conduction, du mélange et du stockage d'énergie. Elle se rapporte au déplacement de la chaleur par un liquide ou un gaz en mouvement.

$$q = \bar{h}_c A (T_s - T_f)$$

où q = taux de transfert convectif de chaleur (W)

A = surface de transfert de chaleur (m²)

T_s = température de la surface (K)

T_f = température du fluide en un point donné (K)

$\bar{h}_c$ = coefficient de transfert convectif de chaleur (W/(m²·K))

2.23 *Transfert de chaleur à travers une surface* Se reporter à la fig. 2 pour utiliser cette équation.

$$q = A \times \bar{h} \times t$$

où q = débit de chaleur (W)

A = surface (m²)

$\bar{h}$ = coefficient de transfert de chaleur (W/(m²·°C))

Δt = écart de température entre les deux milieux (°C)

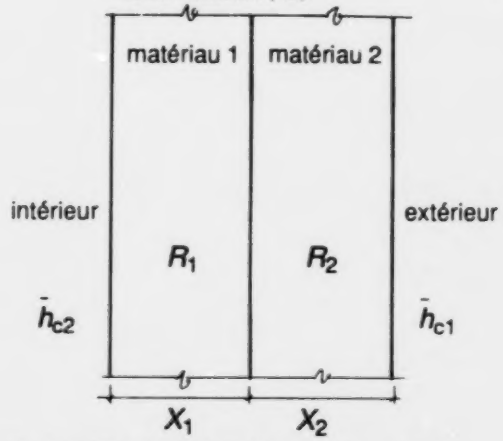


Fig. 2. Transfert de chaleur à travers une surface.

2.24 *Résistance thermique*

$$R = R_c + R_t = 1/\bar{h}$$

où R_t = résistance thermique (m²·°C/W)
$= R_1 + R_2 + R_3$ ... (fig. 2)

R_c = résistance à la convection (m²·°C/W)
$= 1/\bar{h}_{c1} + 1/\bar{h}_{c2}$

$\bar{h}$ = coefficient de transfert de chaleur (W/(m²·°C))

2.25 *Rayonnement* Le rayonnement est le transfert de chaleur suivant un gradient de température. Il est le produit d'ondes électromagnétiques et peut donc se propager dans le vide (ex. le rayonnement solaire).

Un radiateur parfait émet de l'énergie de rayonnement depuis sa surface au taux suivant :

$$q = \sigma A T^4$$

où q = taux de transfert radiatif de chaleur (W)

σ = constante de Stefan-Boltzmann
$= 5{,}67 \times 10^{-8}$ W/(m²·K⁴)
T = température absolue de la surface (K)

2.26 Équations de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air

Utiliser ces équations pour représenter des situations faisant intervenir du chauffage, de la ventilation ou du conditionnement de l'air (CVCA) :

- échange de chaleur avec l'air de ventilation
- loi des gaz parfaits

2.27 *Échange de chaleur avec l'air de ventilation*

$$q = Q(h_o - h_i)$$

où q = débit de chaleur (kW)
Q = débit d'air (kg/s)
h_o = enthalpie massique de l'air extérieur (kJ/kg)
h_i = enthalpie massique de l'air intérieur (kJ/kg)

2.28 *Loi des gaz parfaits*

$$pV = mRT$$

où p = pression absolue (Pa)
V = volume total (m³)
m = masse (kg)
R = constante
$= 287$ J/(kg·K) pour l'air sec
T = température absolue (K)

2.29 Paramètres électriques

Les équations suivantes sont souvent utilisées pour déterminer les besoins en puissance électrique du matériel de manutention de produits.

2.30 *Puissance électrique en courant alternatif*

$$P_{sp} = \frac{I \times E \times pf}{1000}$$

$$P_{tp} = \frac{I \times E \times pf \times 2{,}73}{1000}$$

où P_{sp} = puissance en courant monophasé (kW)
P_{tp} = puissance en courant triphasé (kW)
E = tension (V)
pf = facteur de puissance
I = intensité du courant (A)

2.31 *Puissance électrique en courant continu*

$$E = IR$$

$$P = EI$$

où E = tension (V)
I = intensité du courant (A)
R = résistance électrique (Ω)
P = puissance (W)

2.32 Paramètres de construction

Les paramètres qui interviennent dans la construction des installations de manutention de produits agricoles sont extrêmement nombreux et variés. Suivent quelques relations fondamentales. Pour plus de renseignements, consulter ces publications :

- *Manuel de construction de la ferme au Canada*
- *Code national du bâtiment du Canada*
- *Code canadien de construction des bâtiments agricoles*
- *Midwest Plan Service Structures and Environment Handbook*
- *Règles de calcul aux états limites des charpentes en bois*
- *Portland Cements*
- *Handbook of Steel Construction*, Canadian Institute of Steel Construction
- *Canadian Foundation Engineering Manual*, Canadian Geotechnical Society.

Cependant, pour tous les modèles sauf les plus simples, s'en remettre à la compétence des ingénieurs spécialisés en construction et en mécanique.

2.33 *Contrainte directe* Soit une barre de forme quelconque soumise à deux charges colinéaires égales, mais opposées, agissant sur le centre de gravité de la section de la barre. Utiliser l'équation suivante pour calculer la contrainte normale en tout point de la barre, perpendiculairement aux charges :

$$\sigma_d = F/A$$

où σ_d = contrainte directe (kPa)
F = force (kN)
A = section (m²)

2.34 *Contrainte de flexion* Pour obtenir la contrainte de flexion normale en tout point d'une section perpendiculaire à l'axe d'une poutre, utiliser cette équation :

$$\sigma_b = M/Z$$

où σ_b = contrainte de flexion (kPa)

M = moment de flexion (kN·m)

Z = module de la section (m^3)

$= c/I$

c = distance de l'axe neutre au point d'application de la contrainte (m)

I = moment d'inertie par rapport à l'axe neutre (m^4)

2.35 *Contrainte de torsion* Utiliser l'équation suivante pour calculer la contrainte de cisaillement transversal dans une barre en un point situé à une distance quelconque de son axe. À noter que la contrainte de torsion agit sur une section perpendiculaire à l'axe (fig. 3).

$$\sigma_t = TL/J$$

où σ_t = contrainte de cisaillement transversal (kPa)

T = couple appliqué (kN·m)

L = distance à l'axe (m)

J = moment d'inertie polaire (m^4)

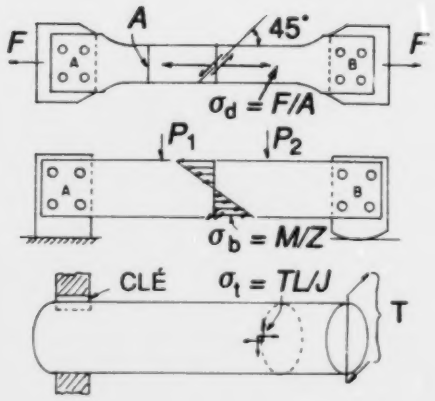


Fig. 3. Contraintes importantes définies par des équations de contrainte élémentaires.

3 FACTEURS DE CONVERSION

Les tableaux de la présente section donnent un aperçu des relations qui existent entre les diverses unités SI et d'autres unités courantes des systèmes impérial et américain. Pour plus de renseignements, consulter le *Guide canadien de familiarisation au système métrique* préparé par l'Association canadienne de normalisation.

3.1 Systèmes impérial et américain de mesures

Le tableau 1 renferme un ensemble d'unités impériales et américaines, accompagnées des facteurs nécessaires pour convertir les unités de base en unités dérivées. Le tableau 2 indique les symboles utilisés.

3.2 Unités SI

Le Système international d'unités (sigle international SI) a été adopté en 1960. Il comprend trois classes d'unités :

- unités de base
- unités supplémentaires
- unités dérivées

Les unités de base SI sont :

mètre	(m)	unité de longueur
seconde	(s)	unité de temps
kilogramme	(kg)	unité de masse
kelvin	(K)	unité de température thermodynamique
ampère	(A)	unité de courant électrique
candela	(cd)	unité d'intensité lumineuse
mole	(mol)	unité de quantité d'une matière

Les unités SI supplémentaires sont :

radian	(rad)	unité d'angle plan
stéradian	(sr)	unité d'angle solide

Le tableau 3 est une liste des unités SI dérivées.

Tableau 1 Unités dérivées dans les systèmes impérial (R.-U.) et américain (É.-U.) de mesures (unité de base × facteur de conversion = unité dérivée)

Grandeur	Unité de base	Facteur de conversion	Unité dérivée
Surface	acre	43 560	pied carré
		$1{,}562 \times 10^{-3}$	mille carré
		4840	verge carrée
	pouce carré	0,00694	pied carré
	mille carré	$3{,}0976 \times 10^{6}$	verge carrée
		$2{,}7878 \times 10^{7}$	pied carré
	verge carrée	9	pied carré
		1296	pouce carré
	township	36	mille carré
Cercle	angle	6,2832	radians
		360	degrés
Densité	livre/pied cube	1,2843	livre/boisseau (R.-U.)
		1,2444	livre/boisseau (É.-U.)
		0,16054	livre/gallon (R.-U.)
		0,13368	livre/gallon (É.-U.)
		0,0135	tonne (courte)/verge
		0,0120	tonne (longue/verge)
Énergie	Btu (International)	$3{,}93 \times 10^{-4}$	cheval-vapeur·heure
		777,97	livre·pied
Débit	pied cube/ seconde	373,7	gallon/minute (R.-U.)
		448,9	gallon/minute (É.-U.)
Force	livre (avdp.)	$0{,}4643 \times 10^{-4}$	tonne (longue)
		5×10^{-4}	tonne (courte)
		16	once (avdp.)
		7000	grains
		1,21528	livre (troy)
		14,5833	once (troy)
	livre (troy)	12	once (troy)
		5760	grains
Longueur	mille	1760	verge
		5280	pied
		0,8683	mille (nautique)
		8	furlong
	pied	12	pouce
	pouce	1000	mille
	verge	3	pied
		36	pouce
Masse	slug	32,174	livre
Puissance	cheval-vapeur	0,70696	Btu/seconde
		33 000	livre-pied/minute
Pression	livre/pouce carré	0,0680	atmosphère
		0,0689	bar
		144	livre/pied carré
		16	once/pouce carré
Vitesse	mille/heure	0,01666	mille/minute
		1,4667	pied/seconde
Viscosité	poise	0,0672	livre/pied·seconde

(suite)

Tableau 1 Unités dérivées (fin)

Grandeur	Unité de base	Facteur de conversion	Unité dérivée
Volume	pied cube	0,03703	verge
		0,7786	boisseau (R.-U.)
		0,8036	boisseau (É.-U.)
		12	pied planche
		6,229	gallon (R.-U.)
		24,916	pinte liquide (R.-U.)
		49,831	chopine liquide (R.-U.)
		996,614	once liquide (R.-U.)
		957,507	once liquide (É.-U.)
		1728	pouce cube
	pouce cube	0,5767	once liquide (R.-U.)
	gallon (R.-U.)	1,2009	gallon (É.-U.)
		4	pinte (R.-U.)
	gallon (R.-U.)	8	chopine (R.-U.)
		32	roquille
		160	once liquide (R.-U.)
	gallon (É.-U.)	4	pinte (É.-U.)
		8	chopine (É.-U.)
		32	roquille
		128	once liquide (É.-U.)
	pinte (R.-U.)	1,2009	pinte (É.-U.)
	chopine (R.-U.)	1,2009	chopine (É.-U.)
	once liquide (R.-U.)	0,9608	once (É.-U.)

Tableau 2 Symboles des unités

Symbole	Unité	Symbole	Unité
avdp.	avoirdupois	lbf	livre-force
Btu	«British thermal unit»	lb/pi^2	livre par pied carré
Btu/s	«British thermal unit» par seconde	lb/pi^3	livre par pied cube
cal	calorie	lb/gal	livre par gallon
pi	pied	lb/po^2	livre par pouce carré
pi^2	pied carré	mi	mille
pi^3	pied cube	mi^2	mille carré
pi^3/s	pied cube/seconde	mi/min	mille par minute
lb·pi	livre·pied	mi/h	mille par heure
lb·pi/min	livre·pied par minute	oz	once
pi/s	pied par seconde	oz/po^2	once par pouce carré
gal	gallon	pt	chopine
gal/min	gallon par minute	qt	pinte
ch	cheval-vapeur	t	tonne
po	pouce	t/v	tonne par verge
po^2	pouce carré	v	verge
po^3	pouce cube	v^2	verge carrée
lb	livre		

Tableau 3 Unités SI dérivées

Grandeur	Unité	Symbole SI	Formule
Accélération	mètre par seconde carrée		m/s^2
Activité radioactive	désintégration par seconde		(désintégration)/s
Accélération angulaire	radian par seconde carrée		rad/s^2
Vitesse angulaire	radian par seconde		rad/s
Surface	mètre carré		m^2
Masse volumique	kilogramme par mètre cube		kg/m^3
Capacité électrique	farad	F	A·s/V
Conductance électrique	siemens	S	A/V
Champ électrique	volt par mètre		V/m
Inductance électrique	henry	H	V·s/A
Différence de potentiel électrique	volt	V	W/A
Résistance électrique	ohm	Ω	V/A
Force électromotrice	volt	V	W/A
Énergie	joule	J	N·m
Entropie	joule par kelvin		J/K
Force	newton	N	$kg·m/s^2$
Fréquence	hertz	Hz	(cycle)/s
Éclairement	lux	lx	lm/m^2
Luminance	candela par mètre carré		cd/m^2
Flux lumineux	lumen	lm	cd·sr
Champ magnétique	ampère par mètre		A/m
Flux magnétique	weber	Wb	V·s
Induction magnétique	tesla	T	Wb/m^2
Force magnétomotrice	ampère	A	
Puissance électrique	watt	W	J/s
Pression	pascal	Pa	N/m^2
Quantité d'électricité	coulomb	C	A·s
Quantité de chaleur	joule	J	N·m
Intensité énergétique	watt par stéradian		W/sr
Chaleur massique	joule par kilogramme kelvin		J/kg·K
Contrainte	pascal	Pa	N/m^2
Conductivité thermique	watt par mètre kelvin		W/m·K
Vitesse	mètre par seconde		m/s
Viscosité dynamique	pascal seconde		Pa·s
Viscosité cinématique	mètre carré par seconde		m^2/s
Tension	volt	V	W/A
Volume	mètre cube		m^3
Nombre d'ondes	mètre inverse		(onde)/m
Travail	joule	J	N·m

3.3 Multiples des unités SI

Les préfixes SI et leurs symboles, énumérés dans le tableau 4, servent à former des noms et des symboles de multiples décimaux des unités SI. Le préfixe précède directement le nom de l'unité.

3.4 Conversion en unités SI

Le tableau 5 donne les facteurs nécessaires pour convertir les unités impériales et américaines en unités SI.

Tableau 4 Préfixes des unités SI

Facteur de multiplication	Préfixe	Symbole SI	Facteur de multiplication	Préfixe	Symbole SI
10^{18}	exa	E	10^{-1}	déci	d
10^{15}	péta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	téra	T	10^{-3}	milli	m
10^{9}	giga	G	10^{-6}	micro	μ
10^{6}	méga	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^{2}	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	deca	da	10^{-18}	atto	a

Tableau 5 Facteurs de conversion des unités impériales (R.-U.) et américaines (É.-U.) en unités SI

Grandeur	Unités impériales et américaines	Facteur de multiplication	Unités SI
Accélération	1 pied/seconde carrée	0,304 8	m/s^2
Surface	1 pied carré	0,092 903	m^2
	1 pouce carré	6,451 6	cm^2
	1 acre	0,404 687	ha
	1 arpent (mesure française)	0,341 889	ha
	1 mille carré	2,589 988	km^2
	1 subdivision juridique (40 acres)	0,161 874	km^2
	1 perche (mesure française)	34,188 94	m^2
Capacité			
thermique	1 Btu/°F	1,899 101	kJ/K
massique	1 Btu/(livre·°F)	4,186 8	kJ/(kg·K)
Coefficient			
transmission thermique	1 Btu/(heure·pied carré·°F)	5,678 263	W/(m·K)
dilatation linéaire	1 F^{-1}	1,8	K^{-1}
Conductance			
électrique	1 mho	1	S
Conductivité			
électrique	1 mho/pied	3,280 840	S/m
thermale	1 Btu·pied/(heure·pied carré·°F)	1,730 735	W/(m·K)
Consommation			
de carburant	1 gallon (R.-U.)/h	4,546 090	L/h
	1 gallon (É.-U.)/h	3,785 412	L/h
	1 mille par gallon (R.-U.)	2,824 5	L/100 km
	1 mille par gallon (É.-U.)	2,352 1	L/100 km
Densité de			
courant	1 ampère/pouce carré	1,550 003	kA/m^2
flux magnétique	1 kilogauss	0,1	T
masse volumique	1 livre/verge cube	0,593 276	kg/m^3
	1 livre/pouce cube	27 679,90	kg/m^3
	1 livre/pied cube	16,018 46	kg/m^3
	1 livre/gallon liquide (R.-U.)	0,099 776	kg/L
	1 livre/gallon liquide (É.-U.)	0,119 826	kg/L
Flux thermique	1 Btu/(heure·pied carré)	3,154 591	W/m^2
Énergie			
Travail, enthalpie	1 pied·livre force	1,355 818	J
Quantité de chaleur	1 Btu	1,055 056	kJ
	1 kilogramme·calorie	4,186 8	kJ
	1 kilowatt·heure	3,6	MJ
	1 pi.·poundal	0,042 140	J
	1 cheval-vapeur·heure	2,684 520	MJ
	1 cheval-vapeur·heure	0,745 700	kWh
surfacique	1 Btu/pied carré	0,011 356	MJ/m^2
massique	1 calorie/gramme	4,186 8	J/g
	1 Btu/livre	2,326	kJ/kg

(*suite*)

Tableau 5 Facteurs de conversion des unités impériales (R.-U.) et américaines (É.-U.) en unités SI

Grandeur	Unités impériales et américaines	Facteur de multiplication	Unités SI
Débit			
massique	1 livre/min	0,453 592	kg/min
	1 tonne (courte)/heure	0,907 184	t/h, Mg/h
volumique	1 pied cube/seconde	0,028 317	m^3/s
	1 gallon (R.–U.)/seconde	4,546 090	L/s
	1 gallon (É.–U.)/seconde	3,785 412	L/s
	1 gallon (R.–U.)/seconde	0,004 546	m^3/s
	1 gallon (É.–U.)/seconde	0,003 785	m^3/s
	1 gallon (R.–U.)/minute	0,075 768	L/s
	1 gallon (É.–U.)/minute	0,063 090	L/s
	1 oz (R.–U.)/seconde	28,413 062	mL/s
	1 oz (É.–U.)/seconde	29,573 53	mL/s
Flux (magnétique)	1 maxwell	$1,0 \times 10^{-8}$	Wb
Force	1 livre-force	4,448 222	N
	1 once-force	0,278 014	N
	1 poundal	0,138 255	N
	1 kilogramme-force	9,806 6	N
	1 dyne	$1,0 \times 10^{-5}$	N
linéique	1 livre-force/pied	14,593 90	N/m
	1 livre-force/pouce	0,175 127	N/mm
Chaleur massique	1 calorie/gramme	4,186 8	kJ/kg
	1 Btu/livre	2,326	kJ/kg
Éclairement	1pied bougie	10,763 91	lx
Amortissement de l'impédance	1 livre-force·seconde/pied	14,593 90	N·s/m
Intensité lumineuse	1 vingt bougies	1,0	cd
Longueur	1 mille	1,609 344	km
	1 rod	5,029 210	m
	1 verge	0,914 4	m
	1 pied	0,304 8	m
	1 pouce	2,54	cm
	1 pouce	25,4	mm
	1 mille	0,025 4	mm
	1 µ pouce	0,025 4	µm
	1 micron	1,0	µm
	1 µ pouce	25,4	nm
Luminance	1 pied lambert	3,426 259	cd/m^2
Aimantation	1 ampère/pouce	39,370 08	A/m

(*suite*)

Tableau 5 Facteurs de conversion des unités impériales (R.-U.) et américaines (É.-U.) en unités SI

Grandeur	Unités impériales et américaines	Facteur de multiplication	Unités SI
Masse	1 tonne longue	1,016 047	t, Mg
	1 tonne courte	0,907 185	t, Mg
	1 livre (avdp.)	0,453 592	kg
	1 slug	14,593 90	kg
	1 once (avdp.)	28,349 52	g
	1 carat (diamant)	200	mg
surfacique	1 once/verge carrée	33,905 75	g/m^2
	1 livre/pied carré	4,882 428	kg/m^2
	1 once/pied carré	305,151 7	g/m^2
	1 livre/acre	1,120 851	kg/ha
	1 tonne (courte)/acre	2,241 702	t/ha
linéique	1 livre/pied	1,488 164	kg/m
	1 livre/verge	0,496 055	kg/m
par unité de temps	1 tonne (courte)/heure	0,907 185	t/h, Mg/h
Module d'inertie	1 pouce cube	16 387,06	mm^3
	1 pouce cube	16,387 06	cm^3
Moment d'une aire	1 $pouce^4$	416 231,4	mm^4
	1 $pouce^4$	41,623 14	cm^4
d'une force, d'un couple, d'un moment de flexion	1 livre-force·pouce	0,112 985	N·m
	1 livre-force·pied	1,355 818	N·m
	1 kilogramme-force·centimètre	0,098 066	N·m
	1 once-force·pouce	7,061 552	mN·m
d'inertie, d'une masse	1 livre·pied carré	0,042 140	$kg·m^2$
d'une masse	1 once·pouce	0,720 078	g·m
Quantité de mouvement	livre·pied/seconde	0,138 255	kg·m/s
moment cinétique	livre·pied carré/seconde	0,042 140	$kg·m^2/s$
Puissance	1 Btu/minute	17,584 27	W
	1 Btu/heure	0,293 071	W
	1 cheval-vapeur	0,745 700	kW
surfacique	1 Btu/pied carré·heure	3,154 591	W/m^2
Pression	1 livre-force/pouce carré (psi)	6,894 757	kPa
	1 pouce Hg (60°F)	3,376 85	kPa
	1 pouce H_2O (60°F)	0,248 84	kPa
	1 mm Hg (0°C)	0,133 322	kPa
	1 kilogramme-force/centimètre	98,066 5	kPa
	1 bar	100,0	kPa
	1 livre-force/pied	0,047 880	kPa
	1 atmosphère (normal = 760 torrs)	101,325	kPa
Constante de torsion d'un ressort	1 livre-force pied/degré	1,355 818	N·m/deg

(*suite*)

Tableau 5 Facteurs de conversion des unités impériales (R.-U.) et américaines (É.-U.) en unités SI

Grandeur	Unités impériales et américaines	Facteur de multiplication	Unités SI
Intensité de champ			
électrique	1 Volt/pied	3,280 840	V/m
magnétique	1 oersted	79,577 47	A/m
Impulsion mécanique	1 pied·livre-force	1,355 818	J
Contrainte	1 livre-force/pouce carré	0,006 895	MPa
Température	°F	(°F – 32)/1,8	°C
	°R	1/1,8	K
écart	°F	0,555 5	°C ou K
Tension			
superficielle	1 livre-force/pouce	175 126,8	mN/m
	1 dyne/cm	1,0	mN/m
Coefficient de diffusion			
thermique	1 pied carré/heure	0,092 903	m^2/h
Ténacité	1 ksi·pouce^{0,5}	1,098 843	MPa·$m^{0,5}$
Vitesse	1 mille/heure	1,609 344	km/h
	1 pied/minute	0,304 8	m/min
	1 pied/seconde	0,304 8	m/s
	1 pouce/seconde	25,4	mm/s
Viscosité			
dynamique	1 centipoise	1,0	mPa·s
cinématique	1 centistoke	1,0	mm^2/s
Volume	1 verge cube	0,764 555	m^3
	1 pied cube	0,028 317	m^3
	1 boisseau (R.–U.)	36,368 72	L
	1 boisseau (É.–U.)	35,239 07	L
	1 pied cube	28,316 85	L
	1 pouce cube	0,016 387	L
	1 pouce cube	16,387 06	cm^3
	1 gallon (R.–U.)	4,546 090	L
	1 gallon (É.–U.)	3,785 412	L
	1 pinte liquide (R.–U.)	1,136 522	L
	1 pinte liquide (É.–U.)	0,946 353	L
	1 chopine liquide (R.–U.)	0,568 261	L
	1 chopine liquide (É.–U.)	0,473 176	L
	1 once liquide (R.–U.)	28,413 062	mL
	1 once liquide (É.–U.)	29,573 53	mL
	1 acre·pied	1233,489	m^3
	1 acre·pied	1,233 489	dam^3
	1 boisseau (R.–U.)	0,036 369	m^3
	1 boisseau (É.–U.)	0,035 239	m^3
surfacique	1 gallon liquide/acre (R.–U.)	11,233 633	L/ha
	1 gallon liquide/acre (É.–U.)	9,353 958	L/ha

3.5 Dimensions nominales de divers calibres

Le tableau 6 indique la correspondance entre plusieurs systèmes de mesure des produits métalliques, y compris le fil métallique, le fer forgé, la tôle et les feuillards. Les valeurs sont exprimées en fractions décimales d'un pouce. Le calibre métrique d'un fil est égal à 10 fois le diamètre en millimètres.

Le calibre Washburn et Moen (W et M), aussi appelé calibre pour fil d'acier, sert à mesurer le fil d'acier. Le calibre américain, ou calibre Brown et Sharpe, s'applique au fil et à la tôle de métal non ferreux comme les fils de monel, de bronze, de cuivre, d'aluminium et de laiton. Ce calibre peut aussi être utilisé pour le fil de fer. Le calibre Birmingham (BWG) sert surtout pour le fil de fer ou de laiton, même s'il peut aussi servir pour les tôles de cuivre et d'acier de calibre 12 et les tôles plus fortes, et pour les tubes d'acier.

Comme les calibres varient selon les formes et les métaux, indiquer l'épaisseur en millièmes en plus du calibre.

Tableau 6 Systèmes de mesures des produits métalliques

Calibre	A	B	C	D	E	F
0000000	.....	0,4900	.....	.....	0,6666	0,500
000000	.....	0,4615	.....	.....	0,6250	0,464
00000	.....	0,4305	.....	.....	0,5883	0,432
0000	0,460	0,3938	0,454	.....	0,5416	0,400
000	0,410	0,3625	0,425	.....	0,5000	0,372
00	0,365	0,3310	0,380	.....	0,4452	0,348
0	0,325	0,3065	0,340	.....	0,3964	0,324
1	0,289	0,2830	0,300	.....	0,3532	0,300
2	0,258	0,2625	0,284	.....	0,3147	0,276
3	0,229	0,2437	0,259	0,239	0,2804	0,252
4	0,204	0,2253	0,238	0,224	0,2500	0,232
5	0,182	0,2070	0,220	0,209	0,2225	0,212
6	0,162	0,1920	0,203	0,194	0,1981	0,192
7	0,144	0,1770	0,180	0,179	0,1764	0,176
8	0,128	0,1620	0,165	0,164	0,1570	0,160
9	0,114	0,1483	0,148	0,150	0,1398	0,144
10	0,102	0,1350	0,134	0,135	0,1250	0,128
11	0,091	0,1205	0,120	0,120	0,1113	0,116
12	0,081	0,1055	0,109	0,105	0,0991	0,104
13	0,072	0,0915	0,095	0,090	0,0882	0,092
14	0,064	0,0800	0,083	0,075	0,0785	0,080
15	0,057	0,0720	0,072	0,067	0,0699	0,072
16	0,051	0,0625	0,065	0,060	0,0625	0,064
17	0,045	0,0540	0,058	0,054	0,0556	0,056
18	0,040	0,0475	0,049	0,0478	0,0495	0,048
19	0,036	0,0410	0,042	0,0418	0,0440	0,040
20	0,032	0,0348	0,035	0,0359	0,0392	0,036
21	0,0285	0,0317	0,032	0,0329	0,0349	0,032
22	0,0253	0,0286	0,028	0,0299	0,0313	0,028
23	0,0226	0,0258	0,025	0,0269	0,0278	0,024
24	0,0201	0,0230	0,022	0,0239	0,0248	0,022
25	0,0179	0,0204	0,020	0,0209	0,0220	0,020

(suite)

Tableau 6 Systèmes de mesures des produits métalliques (*fin*)

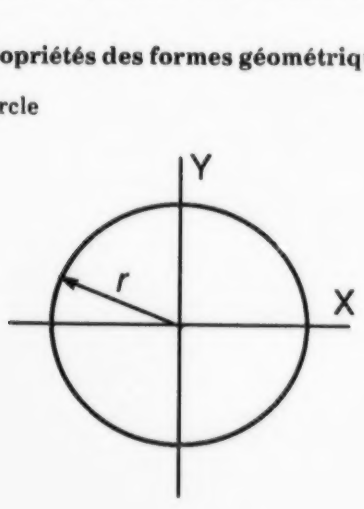
Calibre	A	B	C	D	E	F
26	0,0159	0,0181	0,018	0,0188	0,0196	0,0180
27	0,0142	0,0173	0,016	0,0172	0,0175	0,0164
28	0,0126	0,0162	0,014	0,0156	0,0156	0,0148
29	0,0113	0,0150	0,013	0,0141	0,0139	0,0136
30	0,0100	0,0140	0,012	0,0125	0,0123	0,0124
31	0,0089	0,0132	0,010	0,0109	0,0110	0,0116
32	0,0080	0,0128	0,009	0,0102	0,0098	0,0108
33	0,0071	0,0118	0,008	0,0094	0,0087	0,0100
34	0,0063	0,0104	0,007	0,0086	0,0077	0,0092
35	0,0056	0,0095	0,005	0,0078	0,0069	0,0084
36	0,0050	0,0090	0,004	0,0070	0,0061	0,0076
37	0,0045	0,0085	.....	0,0066	0,0054	0,0068
38	0,0040	0,0080	.....	0,0062	0,0048	0,0060
39	0,0035	0,0075	.....	.....	0,0043	0,0052
40	0,0031	0,0070	.....	.....	0,0039	0,0048
41	.....	0,0066	.....	.....	0,0034	0,0044
42	.....	0,0062	.....	.....	0,0031	0,0040
43	.....	0,0060	.....	.....	0,0027	0,0036
44	.....	0,0058	.....	.....	0,0024	0,0032
45	.....	0,0055	.....	.....	0,0022	0,0028
46	.....	0,0052	.....	.....	0,0019	0,0024
47	.....	0,0050	.....	.....	0,0017	0,0020
48	.....	0,0048	.....	.....	0,0015	0,0016
49	.....	0,0046	.....	.....	0,0014	0,0012
50	.....	0,0044	.....	.....	0,0012	0,0010

A = calibre américain ou Brown Sharpe
B = calibre US Steel Wire ou Washburn Moen ou Roebling ou American Steel Wire Co.
C = calibre pour le fil de fer Birmingham ou Stubs
D = calibre standard américain
E = calibre Birmingham standard
F = calibre standard impérial pour le fil de métal (calibre standard britannique)

4 PROPRIÉTÉS DES FORMES ET DES VOLUMES GÉOMÉTRIQUES

4.1 Propriétés des formes géométriques

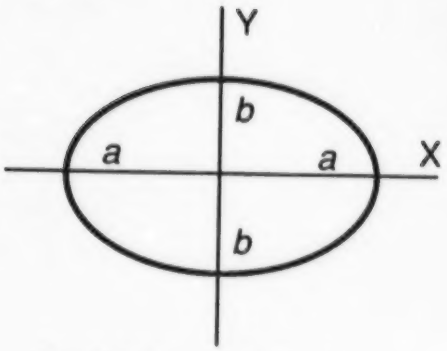
Cercle



circonférence $2\pi r$
surface πr^2
$I_{xx} = I_{yy}$ $\pi r^4/4$
définition Lieu de tous les points équidistants d'un point fixe

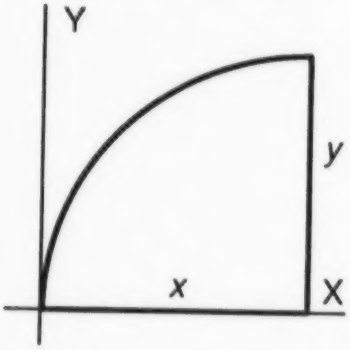
Nota : voici les symboles que l'on trouvera aux sections 4.1 et 4.2.
I = moment d'inertie
Z = module de section
$\bar{y}$ = distance entre l'axe y et le centroïde
$\bar{x}$ = distance entre l'axe x et le centroïde

Ellipse



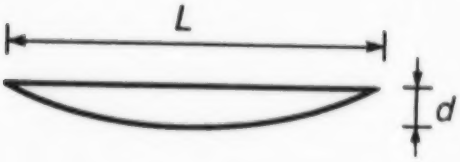
circonférence	$2\pi((a^2 + b^2)/2)^{0,5}$
surface	πab
I_{xx}	$\pi ab^3/4$
I_{yy}	$\pi a^3 b/4$
définition	Lieu de tous les points dont la somme des distances à deux points fixes est constante
excentricité	$e = c/a$, où $c^2 = a^2 - b^2$

Parabole (partie indiquée)



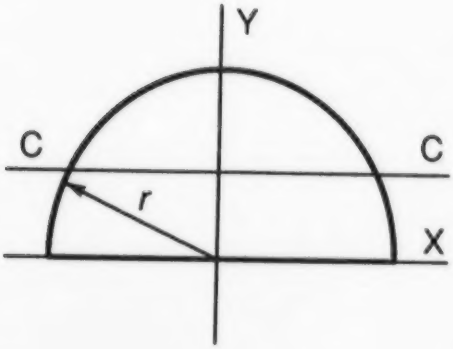
périmètre	$(y^2 + 4x^2/3)^{0,5} + x + y$
surface	$2xy/3$
$\bar{y}$	$3y/8$
$\bar{x}$	$3x/5$
définition	Lieu de tous les points équidistants d'un point fixe et d'une droite fixe

Caténaire



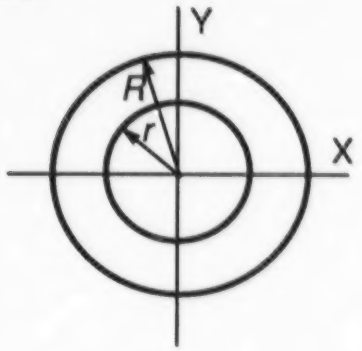
longueur d'arc	$L[1 + 2/3(2d/L)^2]$ environ, si $d << L$
définition	Courbe décrite par une corde de poids uniforme suspendue entre deux points

Demi-cercle



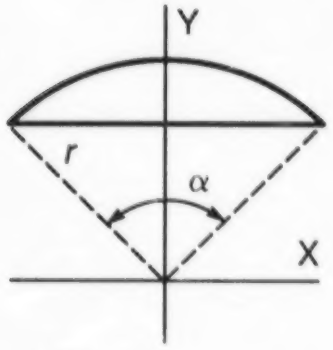
périmètre	$\pi r + 2r$
surface	$\pi r^2/2$
$I_{xx} = I_{yy}$	$\pi r^4/8$
I_{cc}	$0,11r^4$
$\bar{y}$	$4r/3\pi = 0,424r$

Anneau



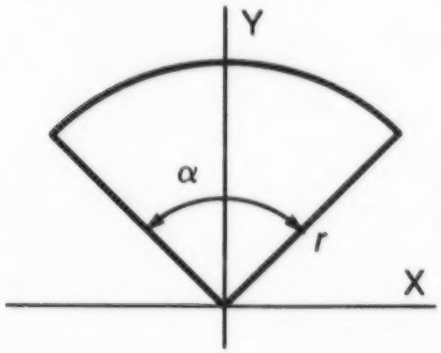
périmètre	$2\pi R + 2\pi r$
surface	$\pi R^2 - \pi r^2$
$I_{xx} = I_{yy}$	$\pi R^4/4 - \pi r^4/4$
définition	Deux cercles concentriques de rayons différents

Segment d'un cercle



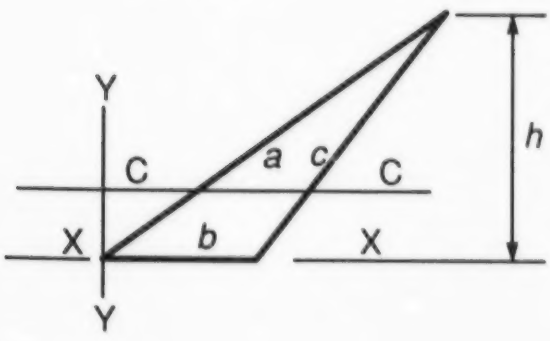
périmètre	$2r\,a + 2r(\sin a)$, où a est exprimé en radians
longueur d'arc	$2ra$
surface	$r^2(a - \sin a \cos a)$
I_{xx}	$\dfrac{r^4(a + \sin a \cos a - 2 \sin a \cos^3 a)}{4}$
I_{yy}	$\dfrac{r^4(a - \sin a \cos a - 2/3 \sin^3 a \cos a)}{4}$
$\bar{y}$	$\dfrac{2r \sin^3 a}{3(a - \sin a \cos a)}$

Section d'un cercle



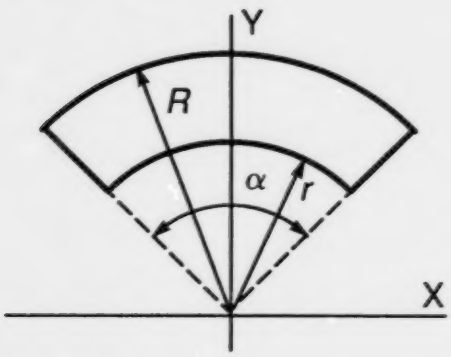
périmètre	$2ra + 2r$, où a est exprimé en radians
longueur d'arc	$2ra$
surface	ar^2
I_{xx}	$r^4(a + \sin a \cos a)/4$
I_{yy}	$r^4(a - \sin a \cos a)/4$
$\bar{y}$	$\dfrac{2r\,(\sin a)}{3a}$

Triangle



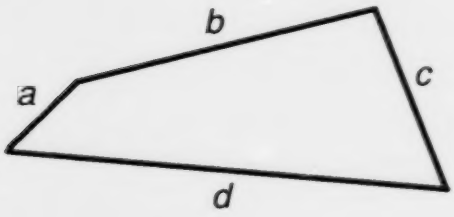
périmètre	$a + b + c$
surface	$bh/2$
I_{xx}	$bh^3/12$
I_{cc}	$bh^3/36$
$\bar{y}$	$h/3$
$\bar{x}$	sur médiane

Secteur d'anneau



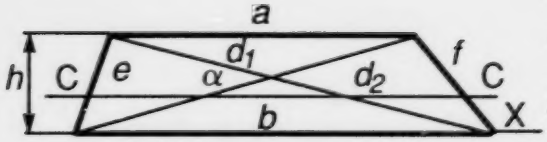
périmètre total	$2\alpha(R + r) + 2(R - r)$
longueur du grand arc	$2R\alpha$
longueur du petit arc	$2r\alpha$
surface	$\alpha R^2 - \alpha r^2$
I_{xx}	$\dfrac{(R^4 - r^4)(\alpha + \sin\alpha\cos\alpha)}{4}$
I_{yy}	$\dfrac{(R^4 - r^4)(\alpha - \sin\alpha\cos\alpha)}{4}$
$\bar{y}$	$\dfrac{2(R^2 + Rr + r^2)\sin\alpha}{(R + r)^3\alpha}$

Quadrilatère



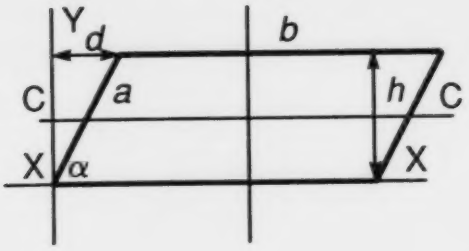
périmètre	$a + b + c + d$
surface	Surface des deux triangles constituants
I	Somme des moments d'inertie des triangles et des rectangles constituants
$\bar{y}$	Voir section 4.10
définition	Surface circonscrite par quatre droites concurrantes

Trapèze



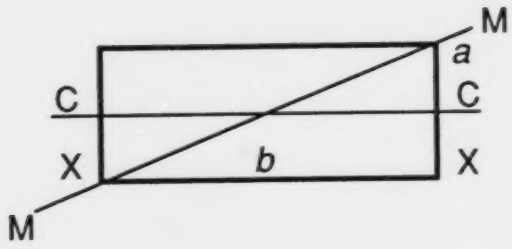
périmètre	$a + e + b + f$
surface	$0{,}5(a + b)h = 0{,}5(d_1 d_2)\sin\alpha$
I_{xx}	$h^3(3a + b)/12$
I_{cc}	$\dfrac{h^3}{36}\dfrac{(a^2 + 4ab + b^2)}{(a + b)}$
$\bar{y}$	$\dfrac{h^3}{3}\dfrac{(2a + b)}{(a + b)}$
définition	Quadrilatère ayant deux côtés parallèles

Parallélogramme



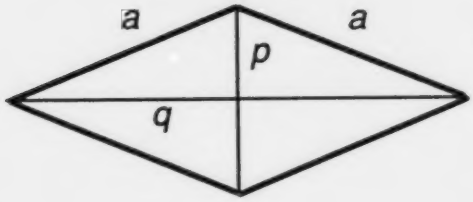
périmètre	$2a + 2b$
surface	bh
	$ab \sin \alpha$
I_{xx}	$(1/3)bh^3$
I_{yy}	$\frac{bh}{6}(2b^2 + 1{,}5d^2 + 3bd)$
I_{cc}	$\frac{1}{2} bh^3(b^2 + d^2)$
$\bar{x}$	$\frac{(b + d)}{2}$
$\bar{y}$	$h/2$
définition	Parallélogramme dont tous les angles aux sommet sont droits

Rectangle



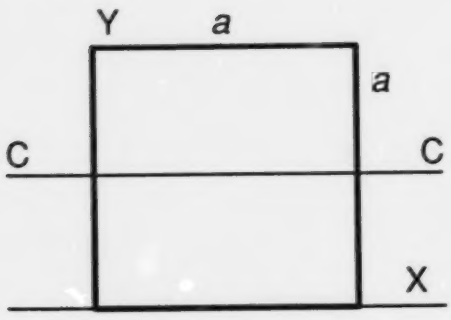
périmètre	$2a + 2b$
surface	ab
I_{xx}	$ba^3/3$
I_{cc}	$ba^3/12$
I_{mm}	$\frac{a^3b^3}{6(a^2 + b^2)}$
définition	Parallélogramme dont tous les côtés sont égaux

Rhombe



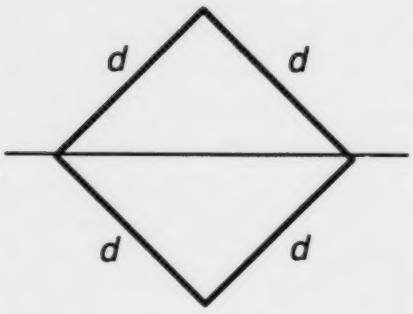
périmètre	$4a$
surface	$pq/2$
	$p^2 + q^2 = 4a^2$
définition	Parallélogramme dont tous les côtés sont égaux

Carré



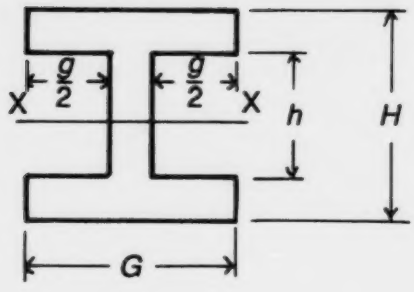
périmètre	$4a$
surface	a^2
$I_{xx} = I_{yy}$	$a^4/3$
I_{cc}	$a^4/12$
$\bar{y}$	$a/2$
définition	Rectangle dont les côtés sont égaux

Losange



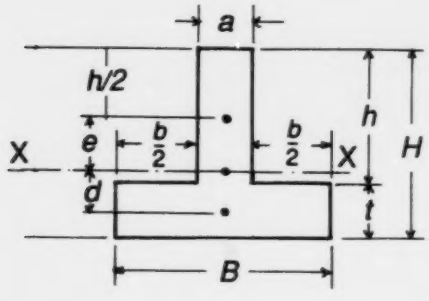
périmètre	$4d$
surface	d^2
I	$d^4/12$
Z	$d^3/6 \times 2^{0,5}$ ou $d^3/6\ \sqrt{2}$

Section en I



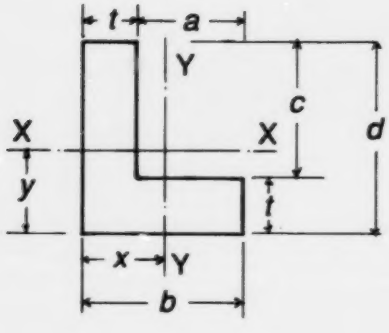
périmètre	$2(G + H + g)$
surface	$GH - gh$
I_{xx}	$(1/12)\ (GH^3 - gh^3)$
Z_x	$(GH^3 - gh^3)/6H$

Section en T



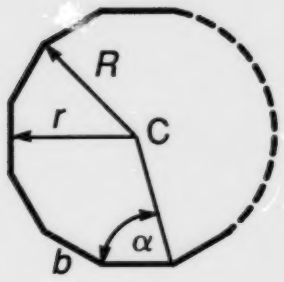
périmètre	$BH - bh$
surface	$Bt + a(H - t)$
I_{xx}	$\frac{Bt^3}{12} + (Bt)d^2 + \frac{ah^3}{12} + (ah)e^2$

Équerre



périmètre	$2b + 2d$
surface	$t(b + c)$
I_x	$\frac{1}{3}\ [t(d - y)^3 + by^3 - a(y - t)^3]$
I_y	$\frac{1}{3}\ [t(b - x)^3 + dx^3 - c(x - t)^3]$

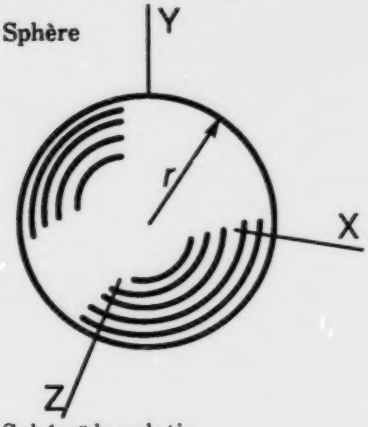
Polygone régulier



périmètre	nb, où n est le nombre de côtés
surface	$1/2\ nbr$
r	$b/2 \tan \alpha$
α	$\dfrac{(n-2)}{2n}\ 180°$
I_{cc}	$\dfrac{nbr}{12}\ (R^2 + 2r^2)$

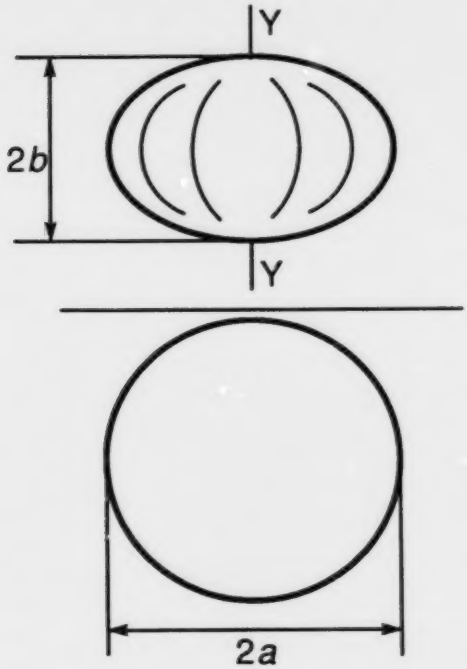
4.2 Propriétés des solides

Sphère



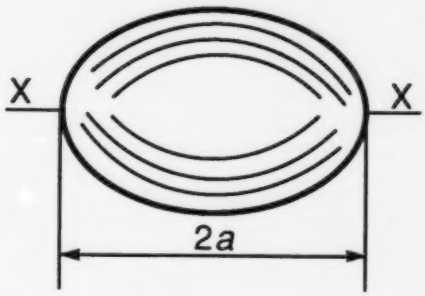
périmètre de surface	$4\pi r^2$
volume	$\dfrac{4}{3}\ \pi r^3$

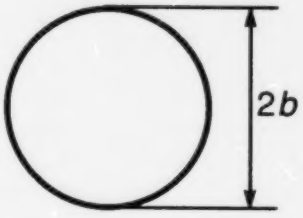
Sphéroïde aplatie



périmètre de surface	$2\pi a^2 + \dfrac{\pi b^2}{e}\ \ln \dfrac{(1+e)}{(1-e)}$ $= \dfrac{4\pi a}{2^{0,5}}\ (a^2 + b^2)^{0,5}$(app.)
où	a = moitié du grand axe b = moitié du petit axe e = excentricité $= \dfrac{(a^2 + b^2)^{0,5}}{a}$
volume	$\dfrac{4}{3}\ \pi a^2 b$
définition	Ellipsoïde de révolution autour du petit axe ($2b$)

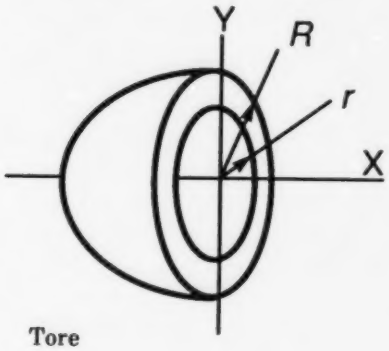
Sphéroïde aplatie





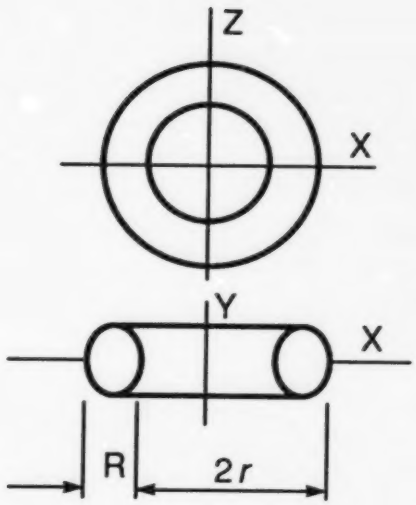
périmètre de surface	$2\pi b^2 + 2\pi \frac{ab}{e} \sin^{-1} e$
	$= \frac{4\pi b}{2} (a^2 + b^2)^{0,5}$
où	a = moitié du grand axe
	b = moitié du petit axe
	e = excentricité
	$= \frac{(a^2 + b^2)^{0,5}}{ab^2}$
volume	$\frac{4\pi}{3} ab^2$
définition	Ellipsoïde de révolution autour du grand axe ($2a$)

Enveloppe hémisphérique (hémisphère, $r = 0$)



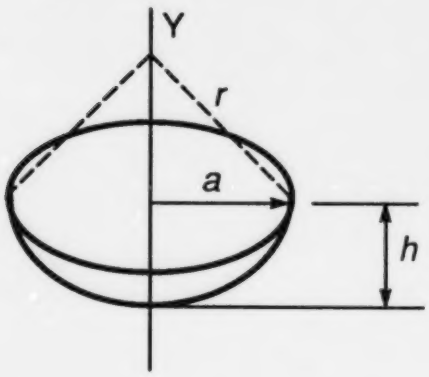
périmètre de surface	$3\pi R^2 + \pi r^2$
volume	$\frac{2}{3}\pi R^3 - \frac{2}{3}\pi r^3$
$\bar{x}$	$\frac{3(R^4 - r^4)}{8(R^3 - r^3)}$
	ou
	$r/2$ (pour une paroi mince)

Tore



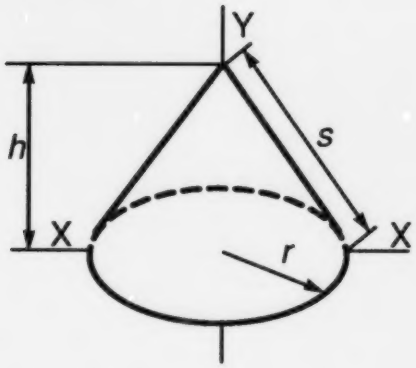
périmètre de surface	$4\pi^2 Rr$
volume	$2\pi^2 Rr^2$

Segment sphérique



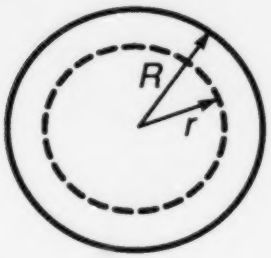
surface courbe	$2\pi rh$
surface totale	$2\pi rh + \pi a^2$
volume	$\frac{\pi}{6} h\,(3a^2 + h^2)$ où $a = h(2r - h)$
	$\pi h^2(r - \frac{h}{3})$
$\bar{y}$ (solide)	$\frac{3\,(2r - h)^2}{4\ 3r - h}$
$\bar{y}$ (surface convexe)	$r - \frac{h}{2}$

Cône circulaire droit



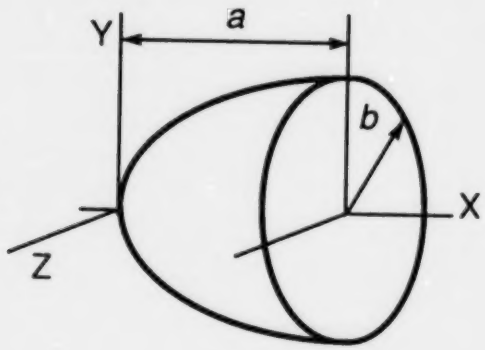
surface latérale	πrs où $s = \sqrt{h^2 + r^2}$
surface totale	$\pi rs + \pi r^2$
volume	$\frac{\pi}{3} r^2 h$
$\bar{y}$ (solide)	$h/4$
$\bar{y}$ (surface)	$h/3$

Sphère creuse



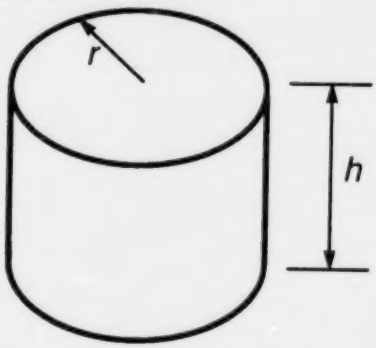
périmètre de surface	$4\pi R^2 + 4\pi r^2$
volume	$\frac{4}{3} \pi R^3 - \frac{4}{3} \pi r^3$

Paraboloïde



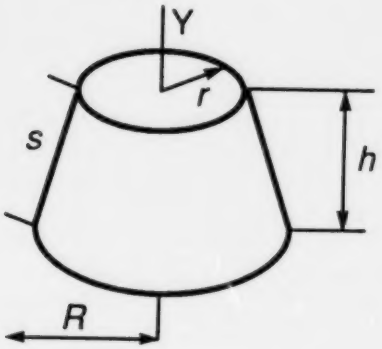
périmètre de surface	$\frac{4\pi b}{3a^2}(b^2 + a^2)^{1,5} - (b/2)^3$
volume	$\frac{1}{2}\pi a b^2$

Cylindre



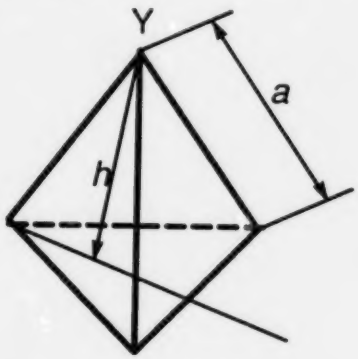
périmètre de surface	$2\pi rh + 2\pi r^2$
volume	$\pi r^2 h$

Cône tronqué



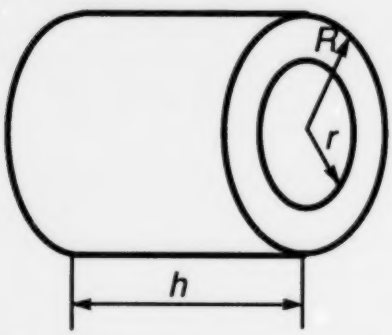
périmètre de surface	$\pi s(R + r) + \pi R^2 + \pi r^2$ où $s = (h^2 + (R - r)^2)^{0,5}$
volume	$\frac{1}{3}\pi h(R^2 + Rr + r^2)$
$\bar{y}$	$\frac{h}{4}\frac{(R^2 + 2Rr + 3r^2)}{(R^2 + Rr + r^2)}$

Tétraèdre



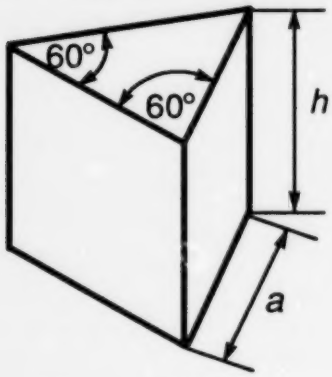
périmètre de surface	$3^{0,5}a^2$
volume	$a^3/(6(2)^{0,5})$
$\bar{y}$	$h/4$ où $h = (2/3)^{0,5}a$

Cylindre creux



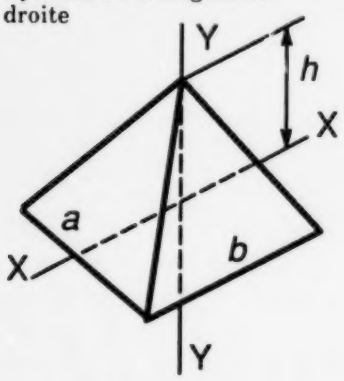
périmètre de surface	$2\pi Rh + 2\pi rh + 2\pi R^2 - 2\pi r^2$
volume	$\pi R^2 h - \pi r^2 h$

Prisme triangulaire



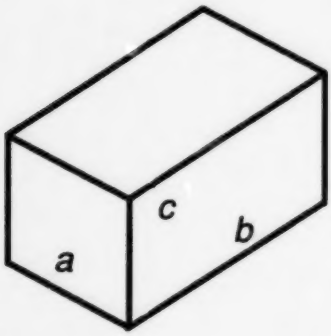
périmètre de surface	$\frac{3}{2}\sqrt{3}\ a^3 h$
volume	$\frac{(3)^{0,5}}{4}\ a^2 h$

Pyramide rectangulaire droite



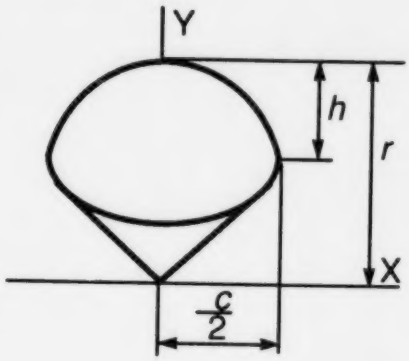
périmètre de surface	$a(b^2/4 + h^2)^{0,5} + b(a^2/4 + h^2)^{0,5} + ab$
volume	$abh/3$
$\bar{y}$ (solide)	$h/4$
$\bar{y}$ (surfaces inclinées)	$h/3$

Prisme rectangulaire



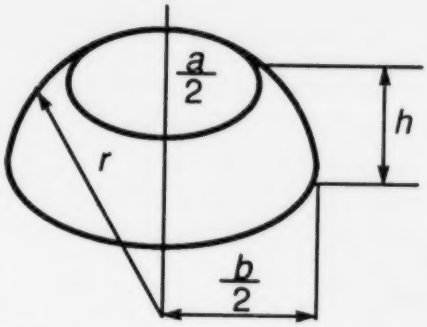
périmètre de surface	$2ab + 2ac + 2bc$
volume	abc

Secteur sphérique



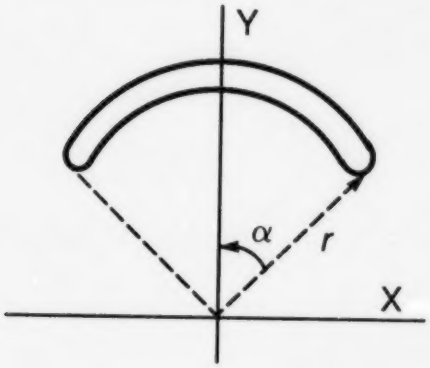
périmètre de surface	$\frac{\pi r}{2}(4h + c)$
volume	$\frac{2\pi}{3} r^2 h$
$\bar{y}$ (solide)	$\frac{3}{8}(2r - h)$
$\bar{y}$ (surface)	$\frac{h^2 + (r - h)(2h + c/3)}{2h + c/2}$

Zone de surface sphérique

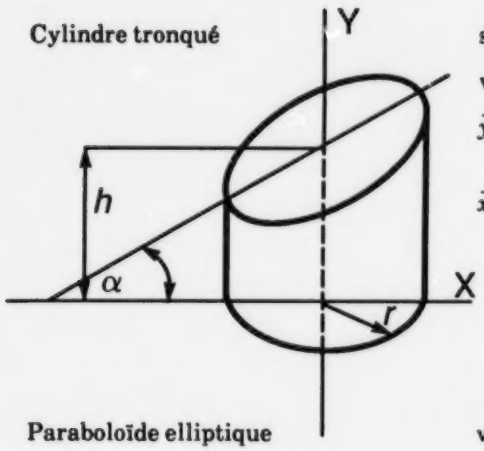


surface	$2\pi r h$
volume	$\frac{\pi h}{24}(3a^2 + 3b^2 + 4h^2)$
$\bar{y}$	$h/2$

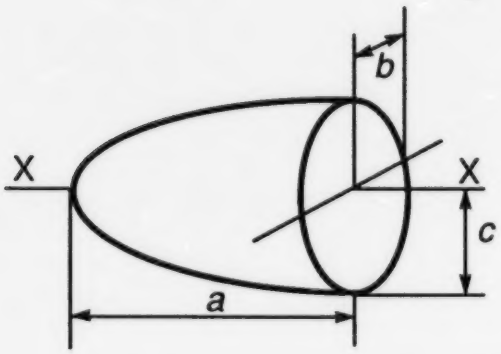
Barre circulaire



$\bar{y}$	$\frac{r \sin \alpha}{\alpha}$



Cylindre tronqué	surface	$2\pi rh + \pi r^2 (\frac{1}{\cos \alpha} + 1)$
	volume	$\pi r^2 h$
	$\bar{y}$	$\frac{h}{2} + \frac{(r \tan \alpha)^2}{8h}$
	$\bar{x}$	$\frac{r^2 \tan \alpha}{4h}$
Paraboloïde elliptique	volume	$\pi abc/2$
	$\bar{x}$	$2a/3$



4.3 Autres solutions pour les moments d'inertie

Dans de nombreux problèmes techniques, il faut calculer des moments d'inertie. Par exemple, les contraintes dans une poutre ne peuvent être déterminées que si le moment d'inertie est connu.

Le moment d'inertie d'une surface par rapport à un axe coplanaire ou perpendiculaire au plan de la surface est défini ainsi: la somme des produits de chaque élément de la surface et de sa distance à l'axe.

4.4 Théorème des axes parallèles

4.5 *Formes géométriques planes* Si le moment d'inertie autour d'un axe centroïdal (c.-à-d. qui passe par le centroïde ou le centre de masse) est considéré comme une forme géométrique plane, l'équation suivante décrit le moment d'inertie autour de tout axe parallèle à l'axe centroïdal:

$$I' = I_{cc} + AL^2$$

où I' = moment d'inertie recherché

I_{cc} = moment d'inertie autour du centroïde

A = surface de la figure

L = distance du nouvel axe à l'axe centroïdal

À noter toutefois que cette équation ne s'applique que si un des deux axes parallèles passe par le centroïde.

4.6 *Solides* Si le moment d'inertie autour d'un axe centroïdal est un solide, l'équation suivante décrit le moment d'inertie autour de tout axe parallèle à l'axe centroïdal:

$$I' = I_{cc} + mL^2$$

où I' = moment d'inertie recherché

I_{cc} = moment d'inertie autour du centroïde

L = distance du nouvel axe à l'axe centroïdal

m = masse du solide

= masse volumique x volume du solide

4.7 Rayon de gyration

Les équations suivantes décrivent le rayon de gyration:

$$I = Ak^2$$

où I = moment d'inertie

A = surface de la section

k = rayon de gyration

et $I = mk^2$

où m = masse du solide

Le rayon de gyration est la distance de l'axe au point où toute la surface ou toute la masse pourrait être concentrée pour donner un moment d'inertie équivalent.

4.8 Moment polaire d'inertie

Le moment polaire d'inertie (J) est le moment d'inertie d'une surface par rapport à une droite perpendiculaire au plan de la surface. L'équation suivante définit le moment polaire d'inertie, par rapport à l'axe z, d'une surface dans le plan xy :

$$J_z = I_y + I_x$$

Ainsi, le moment polaire d'inertie d'une surface par rapport à un axe quelconque est égal à la somme des moments d'inertie de la surface. Il faut mesurer les moments d'inertie par rapport aux axes orthogonaux qui coupent l'axe polaire donné dans le plan de la surface.

4.9 Moment d'inertie de surfaces et de volumes composites

Lorsqu'une surface composite peut être divisée en éléments géométriques comme des rectangles et des triangles pour lesquels les moments d'inertie sont connus, le moment d'inertie de la surface composite est la somme des moments d'inertie des éléments séparés. Cependant, les moments d'inertie de ces éléments doivent tous être établis par rapport au même axe.

De même, si les moments d'inertie des composantes d'un solide sont connus par rapport au même axe, ils peuvent être additionnés pour donner le moment total d'inertie de l'ensemble du solide.

4.10 Centroïdes de surfaces composites

Pour calculer la distance d'un axe à un centroïde d'une surface composite, utiliser l'équation :

$$A\bar{y} = \Sigma ay$$

où A = aire de la surface composite

$\bar{y}$ = distance de l'axe au centroïde de la surface composite

a = aire d'une des surfaces constituantes

y = distance de l'axe au centroïde de la surface constituante

4.11 Mesures en radians

Les mesures en radians sont souvent plus pratiques que les mesures en coordonnées rectangulaires. Un radian est un angle qui, une fois le sommet placé au centre d'un cercle, coupe un arc de longueur égale au rayon.

Si un angle d'un radian coupe un arc, alors, selon la définition d'une mesure circulaire,

$$s = r\alpha$$

où s = longueur de l'arc

r = rayon

α = angle mesuré en radians

Ainsi, la longueur de l'arc circulaire coupé par un angle au centre est égale au rayon multiplié par la mesure en radians de l'angle.

La mesure en radians de tout angle en degrés est donnée par la relation:

$$360° = 2\pi \text{ radians}$$

5 PSYCHROMÉTRIE

La psychrométrie est l'étude des relations qui définissent les propriétés physiques et thermiques des mélanges d'air sec et de vapeur d'eau.

Les courbes psychrométriques présentées aux figures 4 à 10 portent sur des températures du thermomètre sec de −40 à +200 °C au niveau de la mer et sur des températures du thermomètre sec de 0 à 50 °C à trois altitudes (750 m, 1500 m et 2250 m) au-dessus du niveau de la mer.

L'American Society of Agricultural Engineers publie des normes sur les données psychrométriques qui renferment des équations qui permettent de calculer toutes les données psychrométriques lorsqu'on connaît, en plus de la pression atmosphérique, deux propriétés psychrométriques indépendantes d'un mélange d'air et d'eau. L'utilisation d'ordinateurs facilite souvent l'analyse des données psychrométriques.

5.1 Définitions

Les expressions courantes en psychrométrie sont:

- température du thermomètre sec
- température du thermomètre mouillé
- enthalpie
- humidité relative.

5.2 *Température du thermomètre sec* Cette expression désigne la température du mélange d'air et de vapeur d'eau telle que mesurée au moyen d'un thermomètre sec propre.

5.3 *Température du thermomètre mouillé* Cette expression désigne la température du mélange d'air sec et de vapeur d'eau telle que mesurée au moyen d'un thermomètre mouillé propre qui est déplacé rapidement dans l'air en circulation.

5.4 *Enthalpie* L'enthalpie est une mesure de la quantité d'énergie thermique contenue dans un mélange d'air sec et de vapeur d'eau.

5.5 *Humidité relative* L'humidité relative est le rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air à la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air saturé à la même température. L'humidité relative est en général exprimée en pourcentage.

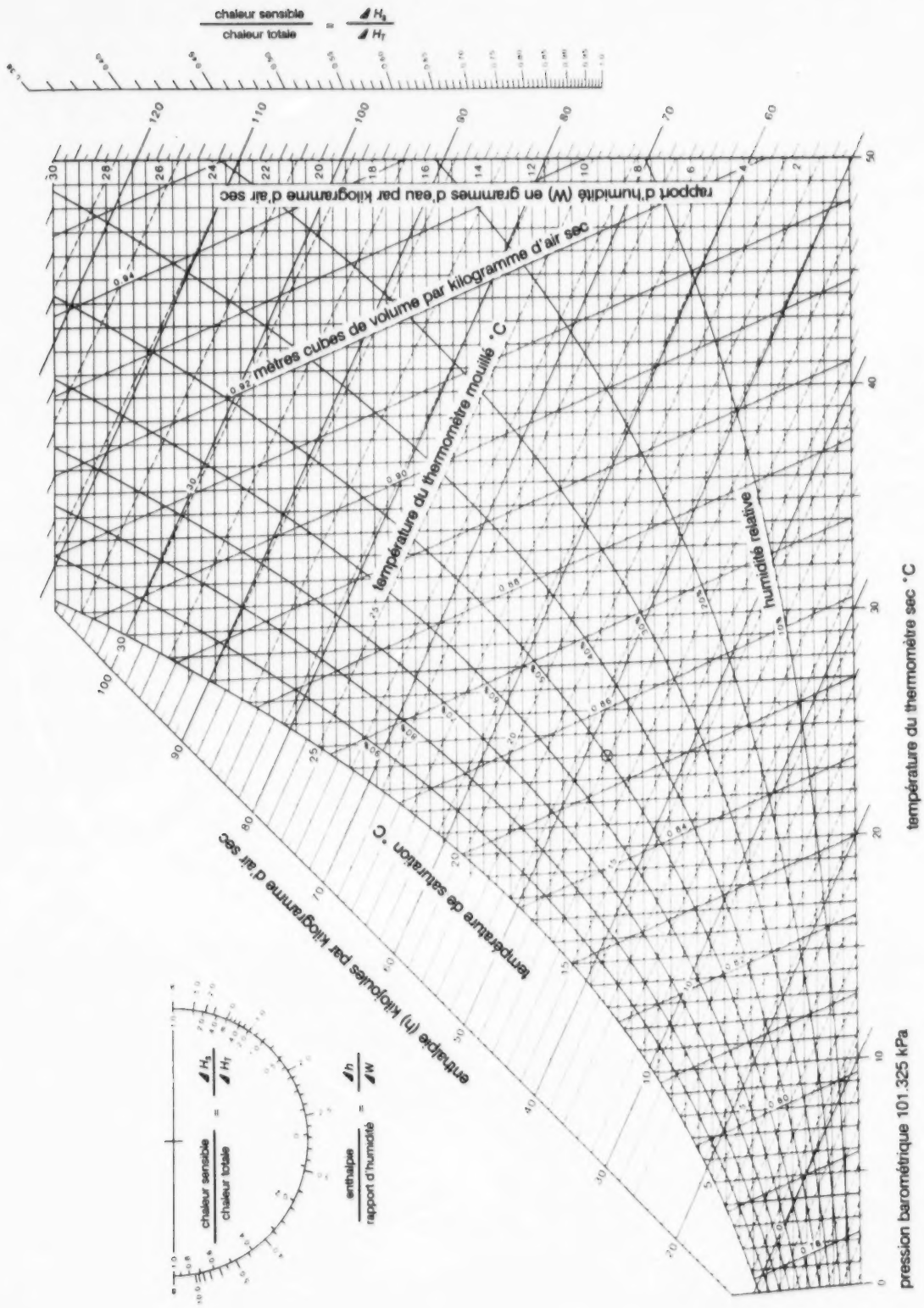


Fig. 4. Courbe psychrométrique : température normale, niveau de la mer.

Source: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1982.

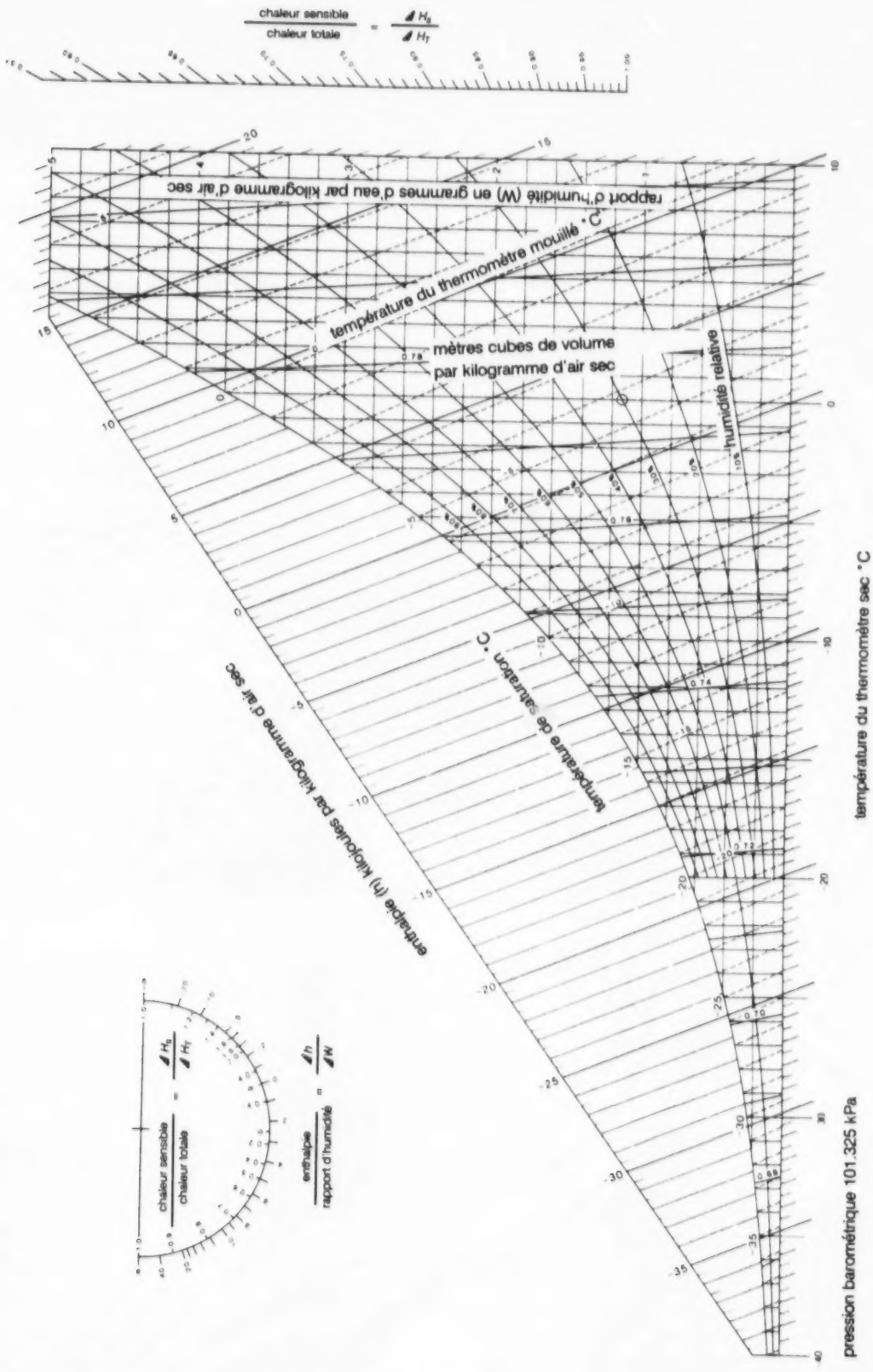


Fig. 5. Courbe psychrométrique : basse température, niveau de la mer.

Source: ***American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.*, 1982.**

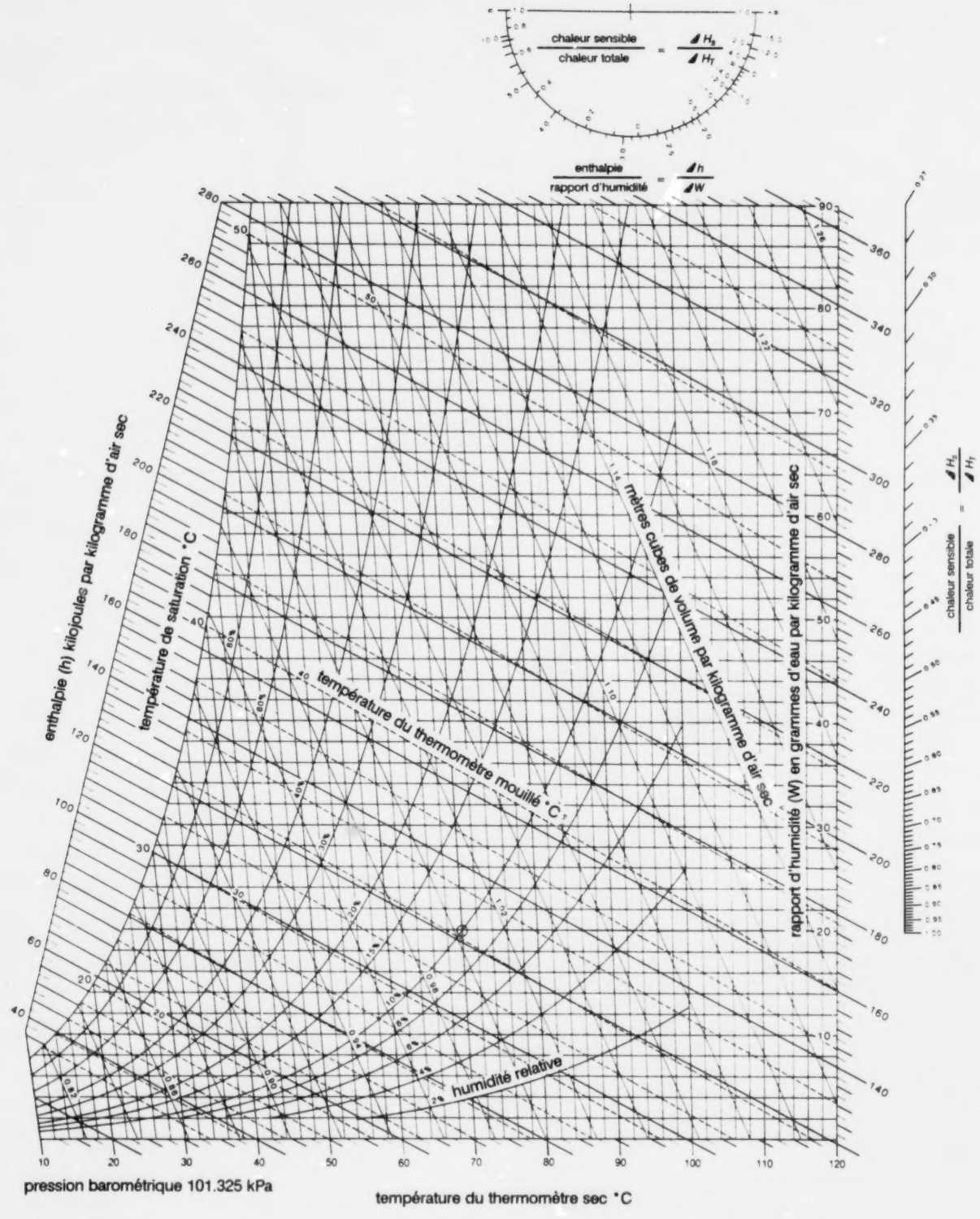


Fig. 6. Courbe psychrométrique : haute température, niveau de la mer.

Source: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1982.

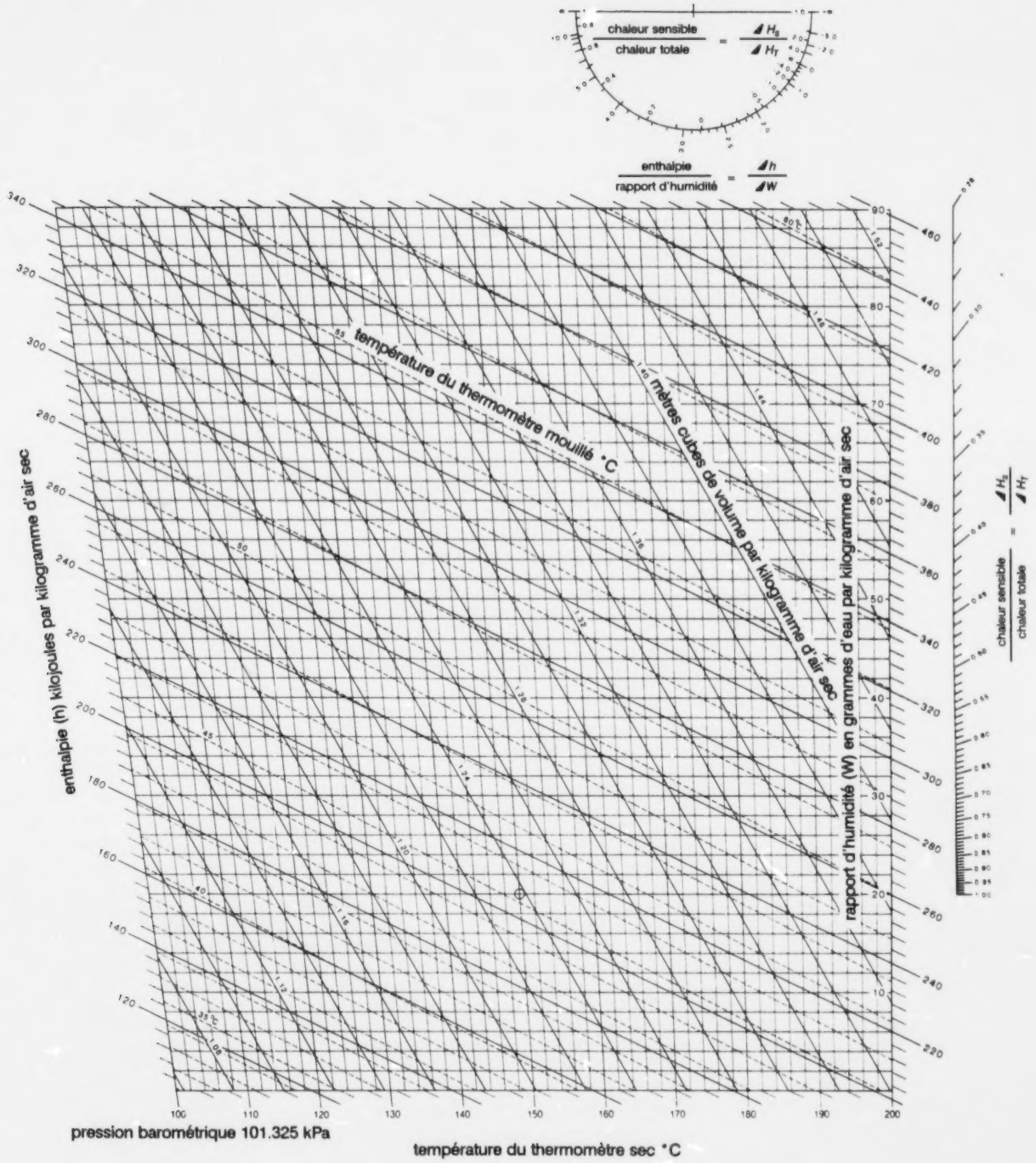


Fig. 7. Courbe psychrométrique : très haute température, niveau de la mer.

***Source*: *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.*, 1982.**

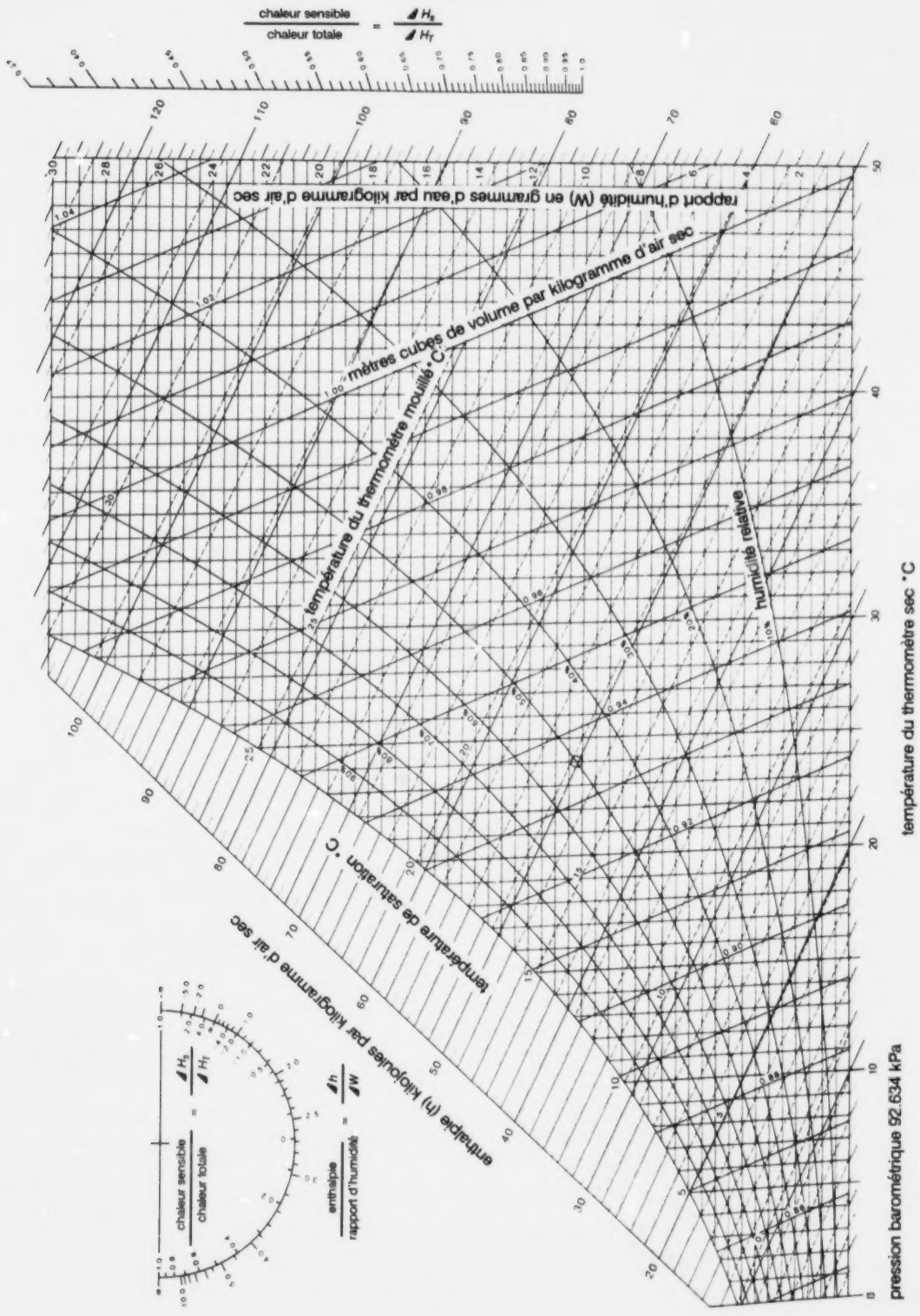


Fig. 8. Courbe psychrométrique : température normale, altitude 750 m.

Source: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1982.

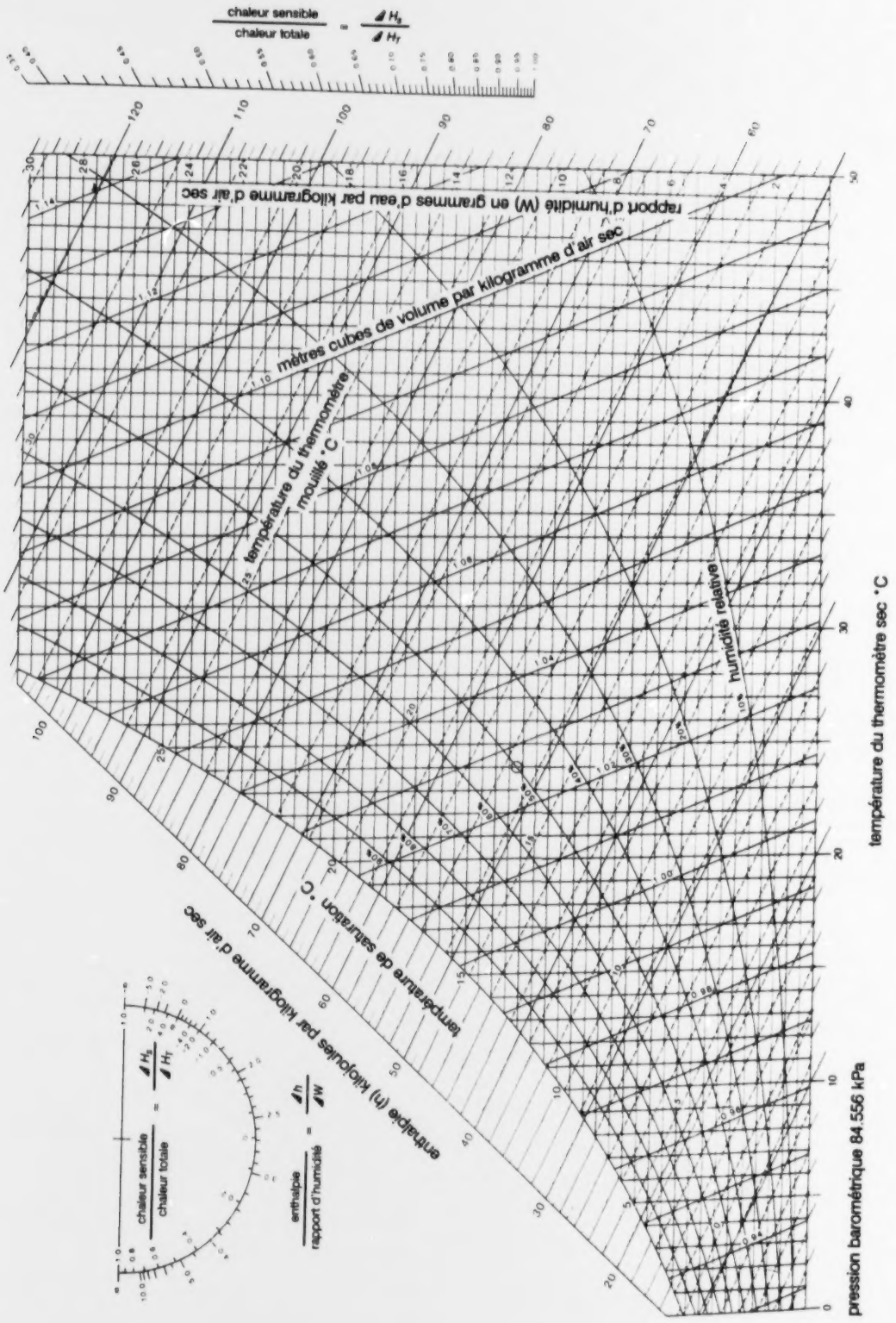


Fig. 9. Courbe psychrométrique : température normale, altitude 1500 m.

Source: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1982.

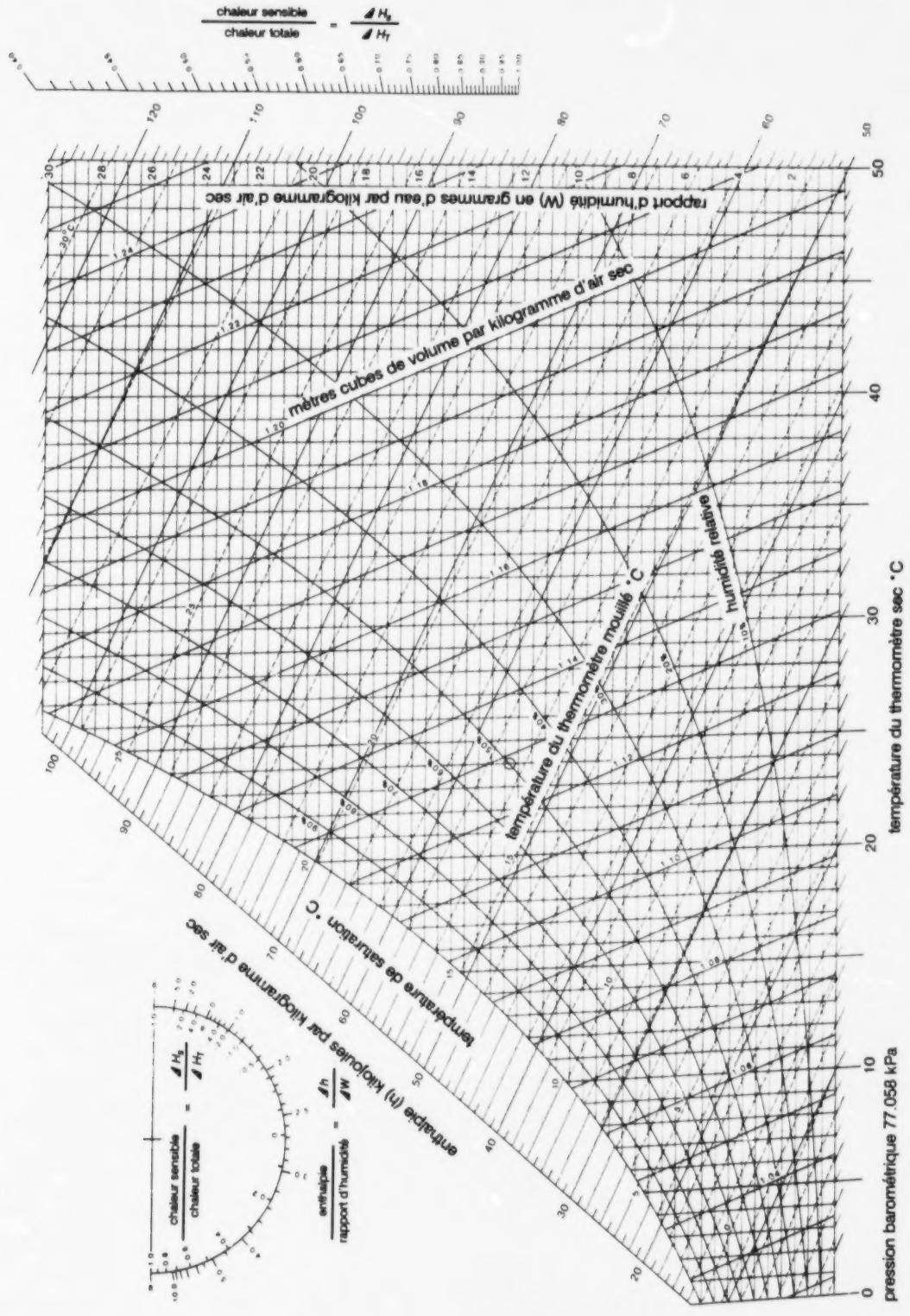


Fig. 10. Courbe psychrométrique : température normale, altitude 2250 m.

Source: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1982.

RÉFÉRENCES

ASHRAE handbook, S.I. edition. 1985. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Beyer, W.H. 1980. *CRC standard mathematical tables.* 25th ed. Boca Raton: CRC Press, Inc.

Code canadien de construction des bâtiments agricoles. Conseil national de recherches du Canada, Comité associé du Code national du bâtiment. CNRC no 21312.

Canadian foundation engineering manual. 1978. Canadian Geotechnical Society, Foundations Committee.

Guide canadien de familiarisation au système métrique. 1979. Association canadienne de normalisation. Rexdale (Ont.) CAN3-Z234.1-1979.

Béton – Constituants et exécution des travaux. Conseil canadien des normes, Ottawa (Ont.) CAN3-A23.1-M77 et suppléments S1-1986 et S2-1986.

Règles de calcul aux états limites de charpentes en bois. Conseil canadien des normes, Ottawa (Ont.) CAN3-086.1-M84 et supplément S1-1987.

Hunt, D. 1977. *Farm power and machinery management.* 7th ed. Ames: Iowa State University Press.

Structures and environment handbook. 1983 Midwest Plan Service. MWPS-1.

Code national du bâtiment du Canada. Conseil national de recherches du Canada, Comité associé du Code national du bâtiment. CNRC no 23174.

Perry, R.H.; Hilton, C.H. 1973. *Chemical engineers handbook, 5th ed.* New York: McGraw-Hill.

Plywood construction manual. 1976. Vancouver: Council of Forest Industries of British Columbia.

Ciments portlands. Conseil canadien des normes, Ottawa (Ont.) Norme ACNOR A5.

Psychrometric data. 1988. Agricultural Engineers Yearbook of Standards. 33rd ed. American Society of Agricultural Engineers Committee on Standards (T-1). Standard D271.2.

Retrofit of building energy systems and processes. 1982. Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association (SMACNA), Energy Conservation Committee.

Seely, F.B.; Smith, J.O. 1967. *Advanced mechanics of materials.* 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Supplementary metric practice guide. 1975. Heating, Refrigeration and Air Conditioning Institute of Canada.

Tao, C.D. 1967. *Fundamentals of applied kinematics.* Don Mills: Addison-Wesley.

Use of SI (metric) units. 1985. Agricultural Engineers Yearbook of Standards. 33rd ed. American Society of Agricultural Engineers Committee on Standards (T-1).

INDEX

Cet index a été préparé afin de faciliter la consultation des sept volumes que comprend la publication *Manutention des produits agricoles*. Les mots et expressions-clés contenus dans la série y ont été colligés. Le premier chiffre qui vient après chacune des entrées, et qui est suivi d'une barre oblique, indique le numéro du volume dans lequel se trouve le mot ou l'expression.

1 *Appareil de déplacement d'air et transporteurs pneumatiques*
2 *Transporteurs à vis et élévateurs à godets*
3 *Transporteurs de liquides*
4 *Instruments et appareils de régulation électrique*
5 *Appareils de trituration et de mélange*
6 *Entreposage et conditionnement des grains et fourrages*
7 *Données techniques*

Le deuxième chiffre représente le numéro de section. À titre d'exemple, l'entrée 3/2.5 indique qu'il s'agit du volume 3 (Transporteurs de liquides) et de la section 2.5. "Fig." renvoie à un numéro de figure, tandis que "App." renvoie à l'appendice à la fin du volume.

Abouts d'auges (transporteurs à vis), 2/1.2, 2/1.17–1.36
  à bords pliés, 2/1.24
  à cornières, 2/1.25
  à double enveloppe, 2/1.29
  à fond ouvrant, 2/1.28
  à l'épreuve de la poussière, 2/1.26
  divers types, 2/1.17–1.20
  évasé, 2/1.27
  goulottes de sortie et plateaux, 2/1.33–1.36
  pour arbres porte-hélice, 2/1.18
  presse-étoupe et joints, 2/1.22
  profilées en U, 2/1.31
  rectangulaires, 2/1.30
  régulateurs, 2/1.32
  types, 2/1.23–1.31
Accélération
  angulaire, 7/2.8, 7/2.10
  causée par la pesanteur, 7/2.10
Agitateurs
  mélangeurs, 5/3.8, 5/3.11–3.12, 5/3.21
  types de spires, 5/Fig. 39
Agitateurs à ailettes, 5/3.12, 5/3.14
Agitateurs à ruban, 5/3.11, 5/3.14
  différentes vis de mélange, 5/Fig. 39
  —*voir aussi* Agitateurs
Aimants dans les broyeurs, 5/2.9, 5/2.21
Air (propriétés), 1/2.1
Albumen (structure des grains), 5/1.2
Algorithme dans la conception des installations électriques, 4/1.18
Aliments
  broyeurs-mélangeurs dans la préparation des aliments, 5/4.2
  recommandations de production des moulées pour
    l'alimentation du cheptel, 5/Tableau 3
  —*voir aussi* Grain; Broyage; Broyeurs; Mélange

Aliments granulés
émiettement, 5/2.22
production, 5/4.3
Aliments pour animaux—voir Aliments; Aliments granulés
Aliments pour bestiaux—yoir Aliments; Aliments granulés
Avoine
manutention, 2/Tableau 1
taille des particules, 5/Tableau 2

Bande proportionnelle (systèmes électriques), définition, 4/1.23
Béliers hydrauliques, 3/4.22
Blé
débit d'air en entreposage, 6/Tableaux 3–6
exemples de manutention, 6/3.29, 6/3.31
manutention, 2/Tableau 1
questions sur l'entreposage, 6/2.5
taille des particules, 5/Tableau 2
—*voir aussi* Grain; Entreposage des grains et conditionnement; Broyage; Broyeurs; Rouleuses à grains
Broyage
digestion des animaux, 5/1.3
structure des grains, 5/1.2
taille des particules, 5/1.1
—*voir aussi* Broyeurs à marteaux; Broyeurs; Rouleuses à grains
Broyeurs
broyeur-mélangeur, 5/4.2, 5/4.5
marteau—voir Broyeur à marteaux
rouleaux—voir Rouleuses à grains
systèmes complets, 5/4.0–4.10
systèmes fixes, 5/4.1–4.3
systèmes mobiles, 5/4.4–4.7
Broyeurs à marteaux, 5/2.1–2.13
choix du broyeur, 5/2.13
circulation d'air pendant le broyage, 5/2.7
comparaison avec les rouleuses, 5/2.27
conception et fonctionnement, 5/2.2
espace libre entre les marteaux et la passe, 5/2.5
haute et faible révolution, 5/2.6
installation, entretien et sécurité, 5/2.12
lutte contre la poussière, 5/2.11
marteaux, 5/2.5, 5/2.12
matières premières, 5/2.3
passes, 5/2.4
transporteurs, 5/2.9–2.10
utilisation, 5/1.0
vibration, 5/2.12
Broyeurs-mélangeurs (composantes et fonctionnement), 5/4.2, 5/4.5
Brûleurs
système de séchage du grain, 6/3.16
valves, 6/3.16

Calcaire agricole (manutention), 2/Tableau 1
Calcul avec exposants, 7/2.2–2.3
Calcul de l'accélération angulaire, 7/2.8

Calcul des proportions, 7/2.4
Canalisation d'irrigation
normes, 3/2.4
perte de charge de friction, 3/Tableau 16
Canola
débit d'air en entreposage, 6/Tableau 7
séchage à l'air naturel, 6/3.18, 6/4.2
Capacité calorifique (liquides), 3/1.8
Capteurs d'humidité relative, 4/3.20
Capteurs et débitmètres
à mesure de force-déplacement, 4/3.9
à mesure de pression, 4/3.3
à mesure de vitesse, 4/3.5
à tube plein, 4/3.15
à ultrasons, 4/3.7
à vortex, 4/3.8
de position, 4/3.19
débit électromagnétique, 4/3.4
débit, 4/3.2–3.10
densimètres, 3/1.4
humidité relative, 4/3.20
massiques, 4/3.10
mesure de la puissance, 4/3.17
orifice, 3/5.13
potentiel–voir Potentiomètre
pression, 4/3.11
rotamètre, 3/5.14
rotation, 4/3.18
température, 4/3.12–3.16
turbine, 3/5.14
viscomètres, 3/1.6
volumétriques, 4/3.6
Capteurs thermoélectriques, 4/3.13
Capteurs thermorésistifs, 4/3.14
Cavitation (pompes), 3/5.7
Cellule d'entreposage temporaire dans l'entreposage et le séchage du grain, 6/3.13, 6/4.4
Cellules
aménagement des conduits, 6/3.27, 6/4.1
conception pour entreposage du grain, 6/4.1
planchers perforés, 6/3.27, 6/4.1
raccord entre la fondation et les parois, 6/4.1
refroidissement en cellule, 6/3.21–3.22
renforts, 6/4.1
système de séchage à l'air naturel, 6/3.6
système de séchage à l'intérieur, 6/3.12
taille, 6/4.2
Cendre d'os (manutention du produit), 2/Tableau 1
Chaleur de fusion, 7/2.10
Chaleur de vaporisation, 7/2.10
Circuits (électrique)
à action flottante, 4/1.46
à action intégrale, 4/1.48–1.49
à action numérique et temporisation, 4/1.45
à action numérique, 4/1.44–1.45
à action proportionnelle, 4/1.47–1.49

à retard à l'amorçage/à retard au désamorçage, 4/7.2
conditionneurs de signal, 4/7.7
d'alternance, 4/7.5
de commutation analogique, 4/7.8
de pas à pas, 4/7.6
de temporisation, 4/7.2
divers types de circuits de commande, 4/7.0–7.8
éléments de contrôle et composantes des circuits logiques, 4/2.0–2.30
schémas et planification, 4/8.0–8.6
système de remplissage des cellules, 4/8.0–8.6
types et caractéristiques, 4/1.43–1.49
Codeurs d'arbres (capteurs de position), 4/3.19
Commandes de marche-arrêt de moteur, 4/7.1
Compresseurs (types et critères de sélection), 1/3.11
Condensation pendant l'entreposage, 6/1.3
Conditionneurs de signal, 4/3.18
Conduction (chaleur), 7/2.21
Conduits
cellules d'entreposage du grain, 6/3.27, 6/4.1
critères de sélection, 1/2.2
entreposage du foin, 6/5.1, 6/5.3
limitation des détériorations dans les appareils de déplacement d'air, 1/6.0
matériaux et méthodes de construction, 1/2.2
pression, 1/3.4
systèmes de séchage du foin, 6/3.16
Consigne (systèmes électriques) définition, 4/1.24
Constantes physiques, 7/2.10
Contacteurs, 4/1.10
Contacts
à basculement, 4/2.6
à conductivité, 4/2.8
à diaphragme, 4/2.10
à flotteur, 4/2.7
à tube capillaire, 4/2.14
à ultrasons, 4/2.9
bilame, 4/2.13
boutons-poussoirs, 4/2.1
de couple, 4/2.11
de niveau des liquides, 4/2.5
de niveau des solides, 4/2.5
de niveau, 4/2.5
de position/fin de course, 4/2.2
de pression, 4/2.3
de proximité, 4/2.4
sélecteurs, 4/2.1
température, 4/2.12–2.14, 4/3.12–3.16
Contacts à conductivité (appareils de régulation électrique), 4/2.8
Contacts à tube capillaire (appareils de régulation électrique), 4/2.14
Convection (chaleur), 7/2.22
Convertisseurs de phase, 4/4.0
Corps gras—voir différents types d'huiles; Graines oléagineuses; Suif
Cosécante, 7/2.9
Cosinus, 7/2.9
Cotangente, 7/2.9
Courroie à pesée/trémie de pesée et déchargement, 4/3.10

Crème, densité et viscosité, 3/Tableau 2
Cribleur dans une rouleuse à grains, 5/2.21
Cyclone (appareils de déplacement d'air), 1/4.14

Débit d'air
broyeurs à marteaux, 5/2.7
entreposage des grains, 6/Tableaux 3–8
foin séché en entreposage, 6/5.2
grain séché à l'air naturel, 6/3.6, 6/3.8
séchage et refroidissement du grain ensilé, 6/3.27
ventilation des grains entreposés, 6/3.1, 6/3.3
Débitmètres à orifice (vitesse d'écoulement), 3/5.13
Démarreurs de moteur
à autotransformateur, 4/6.7
à enroulement partiel (moteurs), 4/6.9
à réglage de vitesse, 4/6.11
à résistance primaire (moteurs), 4/6.8
à semi-conducteurs (moteurs), 4/6.10
à tension réduite (moteurs), 4/6.5
circuits de commande, 4/7.1
commandes de marche-arrêt de moteur, 4/7.1
définition, 4/1.12
disjoncteurs à maximums, 4/6.1
électromagnétiques, 4/6.3
étoile - triangle, 4/6.6
inverseurs (moteurs), 4/6.4
manuels, 4/6.2
transition ouverte et transition fermée, 4/6.5
Démarreurs étoile - triangle (moteurs), 4/6.6
Démarreurs—voir Démarreurs de moteur
Densimètres (échelles et types), 3/1.4
Densité absolue, (liquides), 3/1.3
Densité relative (API), 3/1.4
Densité relative (liquides), 3/1.4
Dérivée (circuits électriques), 4/1.49
Détermination du centro-de, 7/4.10
Dimensions nominales de divers calibres, 7/3.5
Disjoncteur à maximums (électrique), définition, 4/1.11
Divers types de contacts électriques, 4/1.1
fermé au repos, 4/1.3
maintenu, 4/1.5
momentané, 4/1.4
ouvert au repos, 4/1.2
Drêche (manutention du produit), 2/Tableau 1
Drêche de distillerie (manutention du produit), 2/Tableau 1
Dynamo tachimètre pour la mesure de la vitesse de rotation, 4/3.18

Eau
coups de bélier dans les canalisations, 3/5.16
densité et viscosité, 3/Tableau 2
pression de vapeur, 3/Tableau 27
Écart (systèmes électriques), définition, 4/1.26
Échelle Baumé (densité relative), 3/1.4
Échelle Brix (densité relative), 3/1.4

Écluse rotative Sprout-Waldron (dans les appareils de déplacement d'air), 1/4.7
Écluses
appareils de déplacement d'air, 1/4.8
brûleur, 6/3.16
de type rotatif Sprout-Waldron, 1/4.7
systèmes de séchage du grain, 6/3.16
Écluses
alvéoles, 1/4.7
dispositifs d'introduction à écluses rotatives, 1/4.6–4.7
types et capacité, 1/4.7
Écoulement
appareils de déplacement d'air, 1/4.12
types de débitmètres, 4/3.2–3.10
vitesse dans les transporteurs de liquides, 3/5.11–5.15
—*voir aussi* Tubes; Pompes
Électricité statique dans les conduits, 1/2.2
Élévateurs à godets
capacité, 2/4.4
composantes, 2/4.0
conception, 2/4.9–4.11, 2/5.0–5.9
contrôle de la détérioration des produits, 2/5.9
courroie, 2/4.11, 2/5.4
détails de la tête et du pied, 2/4.6–4.7, 2/4.10
disposition de l'entraînement, 2/4.2
distributeurs, 2/5.3
fondations, 2/5.1
gaine, 2/4.9
godets, 2/5.5
goulottes, 2/5.3, 2/5.6–5.7
pente des goulottes et vitesse des grains, 2/Tableau 9
poteaux d'ancrage, 2/5.2
puissance requise, 2/4.1
recommandations au sujet du chargement, 2/4.8
sécurité, 2/5.8
supports latéraux, 2/5.2
vitesse de fonctionnement, 2/4.3
Endocarpe (grain), 5/1.2
Énergie au repos (liquides), 3/1.14
Énergie cinétique (liquides), 3/1.15
Engrenages
équations, 7/2.17
nombre de dents, 7/2.17
Entreposage des grains et conditionnement
degré d'humidité, 6/2.1–2.4
détérioration des produits, 6/1.1
exemples de calculs—voir Problèmes
installations terminales, 6/4.1
installations, 6/4.1–4.2
migration de l'humidité, 6/Fig. 1, 6/2.1, 6/3.1
préservation de la qualité, 6/1.1–1.5
prévention des incendies, 6/3.18
recommandations pour le refroidissement, 6/2.1
réglage de la température, 6/2.4, 6/3.17
temps d'entreposage, 6/2.5
ventilation, 6/3.1–3.3
Épicarpe (grain), 5/1.2

Équation Darcy-Weisbach (friction des fluides), 3/3.0
Équation de Bernoulli (échange d'énergie), 3/1.15, 7/2.19
Équation quadratique, 7/2.5
Équations de chauffage, 7/2.26–2.28
Équations de conditionnement de l'air, 7/2.26–2.28
Équations de transfert de chaleur, 7/2.20–2.25
Équations de ventilation, 7/2.26–2.28
Équations des poulies, 7/2.17
Équations pour la contrainte, 7/2.33–2.35
Équations pour la vitesse de la courroie, 7/2.17
Expressions de la puissance, 7/2.2–2.3

Facteurs de conversion des systèmes impérial, américain et international, 7/3.0–3.4
Facteurs et développements, 7/2.2
Farine de blé (manutention), 2/Tableau 1
—*voir aussi* Broyage; Broyeur; Blé
Farine de poisson (manutention), 2/Tableau 1
Fécule (manutention), 2/Tableau 1
Fèves (manutention du produit), 2/Tableau 1
Filtre de tissu (appareil de déplacement d'air), 1/4.14
Foin
broyeurs, 5/4.8–4.10
degré d'humidité, 6/5.0
entreposage et conditionnement, 6/5.0–5.9
méthode d'entreposage et temps de séchage, 6/5.2
pression statique, 6/5.2
séchage dans le champs, 6/5.5
séchage, 6/5.1, 6/5.4–5.9
séchoirs à air chaud et fonctionnement, 6/5.6–5.9
taille des particules, 5/Tableau 2
Formes géométriques (propriétés et calcul), 7/4.1–4.2
Formules de perte d'introduction à la hauteur du chapeau pour les appareils de déplacement d'air, 1/App. 1

Gaine dans les élévateurs à godets, 2/4.9
Goulottes ou chutes pour les élévateurs à godets, 2/5.3, 2/5.6–5.7
Grain
conditionnement dans le champs, 6/3.21
débit d'air pendant l'entreposage, 6/Tableaux 3–8
manutention—voir Séchoirs; Entreposage des grains et conditionnement
méthodes de broyage—voir Broyage; Broyeurs
sec, gourd et humide, 6/Tableau 2
séchoirs—voir Séchoirs
structure du grain, 5/1.2
—*voir aussi* Broyeurs à marteaux; différents types de grains; Broyage; Broyeurs; Rouleuses à grains
Graines de carthame (manutention), 2/Tableau 1
Graines de colza (densité et viscosité), 3/Tableau 2
Graines de fléole, 2/Tableau 1
Graines de lin (manutention), 2/Tableau 1
Graines de moutarde (manutention), 2/Tableau 1

Graines oléagineuses (risque d'incendie), 6/3.18
—*voir aussi* différents types de graines oléagineuses
Grille d'alimentation triphasée
convertisseurs de phase, 4/4.0
systèmes de manutention du grain, 6/4.5

Houblon (manutention), 2/Tableau 1
Huile d'olive, densité et viscosité, 3/Tableau 2
Huile de graissage (densité et viscosité), 3/Tableau 2
Humidité
détermination du taux dans le grain, 6/2.3
effet sur la qualité des grains, 6/1.3, 6/2.1–2.3
effet sur le rendement du broyeur, 5/2.8
migration dans le grain entreposé, 6/Fig. 1, 6/2.1, 6/3.1
réhumidification, 6/2.3
taux d'enlèvement d'humidité, 6/4.3
température—voir Psychrométrie
—*voir aussi* Ventilation; Refroidissement lent différé; Séchoirs

Impuretés dans l'entreposage des grains, 6/2.1
Indice d'homogénéité (définition), 5/3.4

Lactose (manutention), 2/Tableau 1
Lait (densité et viscosité), 3/Tableau 2
Liquides
comportement, 3/1.10–1.15
courbes de performance d'une pompe, 3/5.9
propriétés, 3/1.1–1.9
visqueux, 3/5.17, 3/6.0–6.11
Logiciel
appareils de régulation électrique, 4/1.20
processeurs programmables, 4/2.29
Logique
conception d'un système électrique, 4/1.17
ordinogramme dans la planification d'un circuit, 4/8.1
Loi des gaz, 7/2.28
Loi des gaz parfaits, 7/2.28
Lutte contre les insectes dans l'entreposage du grain, 6/1.1, 6/1.3–1.5
Lutte contre les moisissures dans l'entreposage du grain, 6/1.1, 6/1.3–1.5
Lutte contre les rongeurs, 6/1.1, 6/1.5
Luzerne
manutention du produit, 2/Tableau 1
taille des particules, 5/Tableau 2

Maïs
débit d'air pendant l'entreposage, 6/Tableaux 3, 8
exemples, 6/3.32
manutention du produit, 2/Tableau 1
méthodes de concassage, 5/2.22
taille des particules, 5/Tableau 2
—*voir aussi* Grain; Entreposage du grain et conditionnement; Broyeurs à marteaux; Broyage; Broyeurs

Malt (manutention), 2/Tableau 1
Matériel (dans la conception du système électrique) 4/1.20
Mélange
degré d'humidité, 5/3.5
densité apparente, 5/3.3
exemples de problèmes—voir Problèmes
grosseur et forme des produits, 5/3.4
raisons justifiant la préparation de mélanges, 5/3.1
séquence d'incorporation des ingrédients, 5/3.1, 5/3.7
temps de mélange, 5/3.6
théorie, 5/3.2
—*voir aussi* Mélangeurs
Mélangeurs
admission et décharge, 5/3.16
agitateurs, 5/3.8, 5/3.11–3.12, 5/3.21
choix du mélangeur, 5/3.23
en continu, 5/3.20–3.22
horizontaux par lot, 5/3.10–3.14
horizontaux/verticaux, 5/3.18
installation, 5/3.13
mélange-proportion, 5/3.22
puissance nécessaire, 5/3.14, 5/3.17
rotatifs par lot, 5/3.19
types, 5/3.9
verticaux par lot, 5/3.15–3.17
Mélangeurs-alimenteurs, 5/4.7
Mélasses
densité et viscosité, 3/Tableau 2
manutention, 3/6.1–6.6
Mémoire dans les processeurs programmables, 4/2.25
Mesure de la puissance, 4/3.17
Mesure de la vitesse de rotation, 4/3.18
Mesures en radians, 7/4.11
Module de volume (liquides), 3/1.9
Moments d'inertie, 7/4.3–4.9
Mouillage dans les rouleuses à grains, 5/2.23
Moulée de gluten (manutention), 2/Tableau 1
Mouvement rectiligne (calcul), 7/2.7

Nitrate d'amonium (manutention), 2/Tableau 1

Organe terminal (systèmes électriques), définition, 4/1.21
Orge
calcul des paramètres pour le refroidissement, 6/3.30
débit d'air en entreposage, 6/Tableau 3
manutention du produit, 2/Tableau 1
taille des particules, 5/Tableau 2
—*voir aussi* Grain; Entreposage des grains et conditionnement

Péricarpe (grain), 5/1.2
Perte de charge de friction dans les boyaux, 3/Tableau 17
Pied dans les élévateurs à godets, 2/4.7

Plateau coulissant
à crémaillère, 2/1.36
broyeurs à marteaux, 5/2.9
élévateurs à godets, 2/4.7
rouleuses à grains, 5/2.21
transporteurs à vis, 2/1.35–1.36
Poids spécifique (liquides), 3/1.2
Poids spécifique—voir Densité relative
Point de repère (systèmes électriques), définition, 4/1.25
Poise—voir Viscosité
Pompes, 3/4.0–6.11
à ailettes, 3/4.10
à came et piston, 3/4.8
à déchiqueter, 3/4.19
à diaphragme, 3/4.16
à diffuseur, 3/4.4
à écoulement axial ou à écoulement mixte, 3/4.5
à écoulement axial, 3/4.5
à éjection, 3/4.20
à engrenage, 3/4.11
à galets, 3/4.12
à infection d'air, 3/4.18
à piston, 3/4.15
à plongeur, 3/4.15
à rotor souple, 3/4.10
à rouleaux, 3/4.10
à spirale, 3/4.3
à tube souple, 3/4.13
à turbine, 3/4.6
à vis, 3/4.9
autres types de pompes, 3/4.14
besoins énergétiques, 3/5.10
caractéristiques, 3/4.1
cavitation, 3/5.7
centrifuges, 3/4.2
charge, 3/5.1
charge de friction, 3/5.1
charge de pression, 3/5.1
charge de vitesse, 3/5.1
classification, 3/4.0
courbes de performance, 3/5.5, 3/5.9, 3/5.11
critères de sélection, 3/5.2
diverses, 3/4.17–4.22
hauteur d'aspiration/charge d'élévation, 3/5.1
hauteur d'élévation/distance verticale d'aspiration, 3/5.1
hauteur de refoulement, 3/5.1
hauteur pratique d'aspiration, 3/5.6
installation en série et en parallèle, 3/5.8
manutention des mélasses, 3/6.4
manutention du suif, 3/6.11
mesurement de la capacité, 3/5.11–5.15
Moyno, 3/4.9
péristaltique, 3/4.13
perte de charge des orifices d'entrée et de sortie, 3/5.1
pour liquides visqueux, 3/5.17, 3/6.4, 3/6.11
résistance, 3/5.1

rotatives, 3/4.7
rotors, 3/4.2
submersible, 3/4.21
terminologie pour l'essai, 3/5.1
types d'entraînement, 3/4.1
Portes de vidange dans les élévateurs à godets, 2/4.7
Poteaux d'ancrage pour les élévateurs à godets, 2/5.2
Potentiomètres
capteur de position, 4/3.19
dispositifs électromécaniques de régulation analogique, 3/2.21
mesure de la puissance, 4/3.17
Poudre d'oeuf (manutention du produit), 2/Tableau 1
Poulies de tête dans les élévateurs à godets, 2/4.6
Poussière
lutte anti-poussière dans les appareils de déplacement d'air, 1/7.0–7.1
lutte contre la poussière (broyeurs à marteaux), 5/2.11
Presse-étoupe dans les transporteurs à vis, 2/1.22
Pression
capteurs, 4/2.3
liquides, 3/1.11–1.13
transmetteur de pression, 4/3.11
Pression absolue (liquides), 3/1.13
Pression atmosphérique, 3/Tableau 28
Pression de vapeur (liquides), 3/1.7
Pression dynamique
lumière, 7/2.10
pression dans les appareils de déplacement d'air, 1/3.4
son, 7/2.10
Pression manométrique (liquides), 3/1.12
Pression statique
appareils de déplacement d'air, 1/3.4
foin, 6/5.2
liquides, 3/1.11
Problèmes
capacité des transporteurs à vis, 2/3.5
conception d'un système de déplacement d'air, 1/8.8–8.9
courbe de charge du système pour le montage, 3/5.3–5.4
élévateurs à godets, 2/4.3–4.5
facteur d'inclinaison dans les transporteurs à vis, 2/3.4
facteur de correction de la charge dans les transporteurs à vis, 2/3.3
facteur pas des transporteurs à vis, 2/3.2
manutention du grain, 6/3.29–3.32
perte d'introduction, 1/8.1, 1/App. 1
perte de charge dans les appareils de déplacement d'air, 1/8.6
perte de mise en vitesse dans les appareils de déplacement d'air, 1/8.2
perte de pression dynamique dans les appareils de déplacement d'air, 1/8.4–8.5
préparation de ration, 5/3.24
puissance du motor d'un transporteur à vis, 2/3.9
puissance requise par les transporteurs à vis, 2/3.8
refroidissement de l'orge, 6/3.30
séchage du blé et du ma-s, 6/3.31–3.32
système de dépoussiérage, 1/8.7
système de régulation pour un centre de stockage et de traitement d'aliments, 4/9.0–9.10

ventilation, 6/3.29
vitesse des transporteurs à vis, 2/3.1, 2/3.7
Procédé de mesure—voir Capteurs et débitmètres
Processeurs programmables (PLC)
caractéristiques et composantes, 4/2.23–2.28
définition, 4/1.19
programmeurs, 4/2.28
Produits chimiques dans la lutte contre les rongeurs et les insectes, 6/1.5
Propriétés et calcul des formes géométriques, 7/4.0–4.2
Psychrométrie (définitions), 7/5.0–5.1
Puissance
hydraulique, 7/2.16
linéaire, 7/2.12
rotative, 7/2.12
types et calcul, 7/2.12–2.16
Puissance à la barre, 7/2.14
Puissance à la prise de force
broyeurs, mélangeurs et alimenteurs, 5/4.5, 5/4.7
broyeurs à foin, 5/4.10
calcul, 7/2.14–2.15
Puissance à la prise de force d'un tracteur
—voir Puissance à la prise de force

Rayon de gyration, 7/4.7
Rayonnement (chaleur), 7/2.25
Refroidissement lent différé, 6/3.21, 6/3.23–3.24
Régulateurs dans les transporteurs à vis, 2/1.31
Relais (électrique), 4/1.6, 4/2.15–2.18
à verrouillage, 4/2.1
de temporisation, 4/2.17
sélecteurs, 4/2.18
séquenceurs, 4/2.18
Résistance (thermique), 7/2.24
Rotamètre (vitesse d'écoulement), 3/5.14
Rotors dans les appareils de déplacement d'air à écluse, 1/4.7
Rotors, 3/4.2
Roulage à la vapeur, 5/2.24
Rouleuses à grains, 5/2.14–2.27
caractéristiques, 5/2.14, 5/2.16
description et opération, 5/2.15
dispositif d'alimentation, 5/2.21
en comparaison aux broyeurs à marteaux, 5/2.27
installation et entretien, 5/2.26
méthodes de broyage à sec et mouillage, 5/2.22–2.23
refroidisseur-sécheur, 5/2.25
sécurité et prévention des dommages, 5/2.21
transporteurs, 5/2.21, 5/2.25
types de rouleaux et caractéristiques, 5/2.17–2.20
utilisation, 5/1.0
vitesse de rotation, 5/2.20
Rouleuses à mélanges, 5/4.6

Sarrazin (manutention du produit), 2/Tableau 1
Schémas de boucle (systèmes électriques), 4/8.4

Schémas de câblage, 4/8.3
Schémas en échelle (circuits), 4/8.2
Sécante, 7/2.9
Séchoirs/systèmes de séchage
à basse température, 6/3.20
à débit continu, 6/3.13, 6/4.4, 6/3.15
à l'air chaud, 6/3.9–3.15
à l'air naturel, 6/3.4–3.8
à tablettes, 6/3.15
alimentation en courant électrique, 6/4.5
broyage à un haut degré d'humidité, 5/2.25
calcul de la vitesse, 6/4.3
cellule d'entreposage temporaire, 6/3.13, 6/4.4
chargement et déchargement, 6/4.4, 6/4.7–4.8
commandes de réglage de vitesse et ventilateurs, 4/5.0
conception, choix, 6/4.3, 6/4.6
condensation, 6/1.3
conservation d'énergie, 6/4.3
diverses méthodes de séchage, 6/3.21
dommages causés aux grains, 6/3.9
endroits et utilisation, 6/4.6
foin, 6/5.1–5.9
installation, 6/3.21
mélange du grain pendant le séchage, 6/3.14
portatifs, 6/3.13, 6/3.15
refroidissement et séchage à l'intérieur de la cellule, 6/3.21–3.27
refroidissement lent différé, 6/3.21, 6/3.23–3.24
séchoirs statiques, 6/3.11–3.14, 6/4.4
sources d'énergie, 6/3.19
systèmes de chargement et de déchargement, 6/4.4, 6/4.8
types de séchoirs, 6/3.10–3.15
zone de séchage, 6/3.5
Seigle (manutention), 2/Tableau 1
Séparateurs dans les appareils de déplacement d'air, 1/4.14
Séquenceurs, 4/1.9, 4/2.18
Signaux d'entrée
définition, 4/1.15
processeurs programmables, 4/2.26
Signaux de sortie
définition, 4/1.16
processeurs programmables, 4/2.27
Sin, 7/2.9
Solides
calcul, 7/4.2
moment d'inertie, 7/4.6
Solutions de chlorure de calcium, densité et viscosité, 3/Tableau 2
Solutions de sucrose (densité et viscosité) 3/Tableau 2
Son (manutention du produit), 2/Tableau 1
Soufflantes
commandes de réglage de vitesse, 4/5.0
déplacement positif, 1/3.7
types et fonctionnement, 1/3.11
Souffleuses de fourrages
à roue à aubes, 1/5.3
besoins en énergie, 1/5.1

capacité, 1/5.2
rendement, 1/5.4
Soya
densité et viscosité de l'huile, 3/Tableau 2
manutention, 2/Tableau 1
taille des particules, 5/Tableau 2
Stabilité (systèmes électriques), définition, 4/1.27
Stokes—voir Viscosité cinématique
Structure des grains, 5/1.2
Suif (manutention), 3/6.7–6.11
Superphosphate triple (manutention), 2/Tableau 1
Surpresseur Roots à deux pales, 1/3.11, 1/4.7
Système américain de mesures, 7/3.0–3.4
Système d'alimentation des cellules (planification du circuit), 4/8.0–8.6
Système de régulation
programmable, 4/1.19
numérique par opposition à analogique, 4/1.13–1.14
Système de régulation analogique
définition, 4/1.14
types et caractéristiques, 3/2.20–2.22
Système de régulation numérique (définition), 4/1.13
Systèmes de fluidisation—voir Tubes et tuyaux; Pompes
Systèmes électriques
codes, 4/1.28
coffrets, 4/1.29–1.36
conception du panneau de commande, 4/9.9
conception, 4/1.28–1.42
convertisseurs de phase, 4/4.0
dangers, 4/1.28
dispositifs de mesure, 4/3.0–3.20
équations, 7/2.29–2.31
exemples de problèmes—voir Problèmes
planification et conception, 4/8.0–8.6, 4/9.0–9.10
sélection des appareils, 4/1.29–1.42
symboles des éléments, 4/Fig. 11
systèmes de régulation, 4/2.1–2.20, 4/7.0–7.8
termes et définitions, 4/1.1–1.36
—*voir aussi* Circuits; Relais; Capteurs et Débitmètres

Taille des particules, 5/1.1
Tangente, 7/2.9
Technique du traitement des grains, 5/3.25
Température
boucle de régulation pour, 4/8.5
écarts (entreposage du grain), 6/1.3
effet sur la qualité des grains, 6/1.4, 6/2.4
humidité—voir Psychrométrie
lecture (grain entreposé), 6/2.4, 6/3.17
réglage (entreposage des grains), 6/1.4, 6/3.16–3.17
thermomètre sec versus thermomètre mouillé, 7/5.2–5.3
types de capteurs, 4/3.12–3.16
Température du thermomètre mouillé, 7/5.3
Température du thermomètre sec, 7/5.2
Têtes pendulaires pour élévateurs à godets, 2/5.3
Théorème des axes parallèles, 7/4.4

Thermistors pour le grain entreposé, 6/2.4
Thermocouples pour le grain entreposé, 6/2.4
Thermomètres
grain entreposé, 6/2.4
refroidissement lent différé du grain, 6/3.24
Tournesol (séchage à l'air naturel), 6/3.18
Transformateur de potentiel—voir Potentiomètre
Transformateurs d'intensité—voir Transformateurs
Transformateurs, 4/3.17
Transport de l'air
broyeurs à marteaux, 5/2.11
dispositifs d'introduction, 1/4.6–4.11
écoulement/capacité de transport, 1/4.12–4.13
limitations des détériorations (produits transportés), 1/6.0
lutte antipoussière, 1/7.0
problèmes typiques—voir Problèmes
sécurité, 1/4.17
séparateurs, 1/4.14
—*voir aussi* Ventilateurs; Compresseurs; Conduits; Ventilateurs; Souffleuses de fourrage; Transporteurs pneumatiques
Transporteurs
chargement et déchargement du grain, 6/4.4, 6/4.7–4.8
types et caractéristiques, 2/2.0–2.1
—*voir aussi* Transporteurs à vis
Transporteurs à vis
arbres d'entraînement et arbres sortants, 2/1.16
auges—voir Auges
caractéristiques, 2/Tableau 2
conception, 2/1.16, 2/3.0
distributeurs à vis, 2/1.1, 2/3.10
exemple de problèmes—voir Problèmes
facteurs de frottement dans les tourillons, 2/Tableau 3
facteurs relatifs aux spires, 2/Tableau 4
raccords, 2/1.16
types de vis des transporteurs, 2/1.3–1.15
—*voir aussi* Transporteurs; Vis de transporteurs
Transporteurs de liquides—voir Tubes et tuyaux; Pompes
Transporteurs pneumatiques, 1/4.0–4.17
basse pression, 1/4.2, 1/4.12
besoins en énergie, 1/2.1
composantes et caractéristiques, 1/4.0
dispositifs d'introduction, 1/4.6–4.11
fluidisation, 1/4.5
pression élevée, 1/4.4
pression moyenne, 1/4.3
pression statique et dynamique, 1/3.4
problèmes d'électricité statique, 1/2.2
types, 1/4.1
—*voir aussi* Ventilateurs; Auges
Trigonométrie, 7/2.9
Tube d'acrylonitrile–butadiène–styrène (ABS), 3/2.5
Tube de Bourdon, 4/3.11
Tube de chlorure de polyvinyle chloré (CPVC), 3/2.5
Tube en PB, 3/2.5
Tube en PE, 3/2.5
Tubes ABS, 3/2.5

Tubes CPVC, 3/2.5
Tubes de Pitot et vitesse d'écoulement, 3/5.12
Tubes en aluminium, 3/2.4
perte de charge de friction, 3/Tableau 16
Tubes en cuivre, 3/2.3
perte de charge de friction, 3/Tableau 14
Tubes et tuyaux en acier, 3/2.2
perte de charge de friction, 3/Tableau 13
Tubes et tuyaux, 3.20
acier, 3/2.2
aluminium, 3/2.4
coups de bélier, 3/5.16
cuivre, 3/2.3
friction des fluides, 3/3.0
manutention des mélasses, 3/6.5
plastique, 3/2.5
problèmes—voir Problèmes
qualité, classification et normes, 3/2.5–2.8
—*voir aussi* Pompes
Tubes PVC, 3/2.5
Tubes Venturi dans les pompes à éjection, 3/4.20
Tubes—voir Tubes et tuyaux
Tuyaux en chlorure de polyvényle(PVC), 3/2.5
Tuyaux en polybutylène (PB), 3/2.5
Tuyaux en polyéthylène (PE), 3/2.5
perte de charge de friction, 3/Tableau 15
Types de coffrets CEMA (systèmes électriques), 4/1.29–1.36
Types de dispositifs de mesure du niveau, 4/3.1

Unité centrale dans les processeurs programmables, 4/2.24
Unités SI, 7/3.0–3.4
Unités de mesures, 7/3.0–3.4
Unités impériales de mesure, 7/3.0–3.4

Vaporisateur (système de séchage du grain), 6/3.16
Ventilateurs, 1/3.7
à aube droite ou radiale, 1/3.9
à aubes inclinées vers l'arrière, 1/3.9
à aubes inclinées vers l'avant, 1/3.9
à hélice, 1/3.8
aube, 1/3.8–3.9
centrifuges à écoulement axial, 1/3.10
centrifuges, 1/3.9–3.10
critères de sélection, 1/3.1
de type centrifuge à aubes à profil aérodynamique courbées vers l'arrière, 1/3.10
disque, 1/3.8
en parallèle versus en série, 1/3.3
équations, 7/2.18
hélico-de à ailettes, 1/3.8
hélico-des tubulaires, 1/3.8
hélico-des, 1/3.8
profils aérodynamiques, 1/3.10
rendement, 1/3.1–3.2

séchage du grain à l'air naturel, 6/3.5–3.6, 6/3.8
séchage et refroidissement du grain en cellule, 6/3.27
types pour appareil de déplacement d'air, 1/3.7–3.10
ventilation du grain entreposé, 6/3.1
Ventilation du grain, 6/3.1–3.3
exemples de calculs—voir Problèmes
Vibration dans les broyeurs à marteaux, 5/2.12
Vis de transporteurs, 2/1.3–1.15
à diamètre étagé, 2/1.8
à double spire, 2/1.11–12
à pas allongé, 2/1.10
à pas serré, 2/1.6, 2/1.12
à pas variable, 2/1.9
à ruban, 2/1.13
à spire conique, 2/1.7
à spire hélico-dale, 2/1.4
à spire sélectionnée, 2/1.5
résistant à l'abrasion, 2/1.14
résistant à la corrosion, 2/1.15
—*voir aussi* Transporteurs
Viscomètres Brookfield, 3/1.6
Viscomètres Saybolt, 3/1.6
Viscomètres, 3/1.6
Viscosité
cinématique, 3/1.6
définition, 3/1.5
échelles de comparaison, 3/Tableau 1
Vitesse d'extraction dans les systèmes de dépoussiérage, 1/7.2
Vitesses
commandes de réglage de vitesse, 4/5.0
moteur triphasé, 4/4.0